PSICOGÉNESIS E HISTORIA DE LA CIENCIA

por

JEAN PIAGET
y
ROLANDO GARCÍA

siglo veintiuno editores
MÉXICO
ESPAÑA
ARGENTINA
COLOMBIA

él —en nuestra última entrevista, cuando sin duda ya advertía que sus fuerzas declinaban muy rápidamente— el encargo de editarla.

ROLANDO GARCÍA

México, septiembre de 1982

INTRODUCCIÓN

La opinión más generalizada, tanto entre los hombres de ciencia como entre los historiadores de la ciencia, es que no existe ninguna relación entre la formación de las nociones y operaciones en los estadios más elementales, y su evolución en los niveles superiores. A esta opinión suele agregarse una creencia frecuente, aunque menos general: que la significación epistemológica de un instrumento de conocimiento es independiente de su modo de construcción, en tanto este último está vinculado a la historia y, eventualmente, a la psicogénesis, mientras que aquél depende del funcionamiento de este instrumento en un sistema sincrónico y actual de interacciones cognoscitivas, irreductibles, según esta hipótesis, a las consideraciones diacrónicas y, por ende, a sus etapas anteriores.

I. NIVELES DE DESARROLLO

El poco interés general por los estadios elementales del conocimiento proviene pues, sin lugar a duda, de la idea corriente según la cual el desarrollo de los conocimientos sería lineal, y cada etapa remplazaría así a la precedente, conservando ordinalmente algún vínculo con esta última, pero sin ninguna relación con las primeras.

En realidad, el proceso es muy diferente. En efecto, no sólo los estadios sucesivos de la construcción de las diferentes formas del saber son secuenciales -es decir, que cada uno es a la vez resultado de las posibilidades abiertas por el precedente y condición necesaria de la formación del siguiente-, sino, además, cada nuevo estadio comienza por una reorganización, a otro nivel, de las principales adquisiciones logradas en los precedentes. De aquí resulta una integración, hasta los estadios superiores, de ciertos vínculos cuya naturaleza no se explica sino a través de un análisis de los estadios elementales.

La obra que aquí presentamos proveerá numerosos ejemplos de tales hechos, pero, a fin de fijar las ideas, anunciaremos un par de ellos, esquemáticamente. Con respecto al orden secuencial en el plano de la historia, se pueden citar tres grandes períodos en la historia de las matemáticas: el realismo estático de los griegos que se basa en estados permanentes (figuras y números), los cuales proveen un conjunto de conocimientos previos que eran necesarios para el descubrimiento de las transformaciones algebraicas e infinitesimales del siglo

XVII, cuyo análisis, a su vez, era indispensable para dar lugar a las estructuras propias de las matemáticas del siglo XIX y de nuestros días. Está claro que en el dominio físico los descubrimientos de hechos nuevos pueden modificar de manera variable el curso de las ideas y que éstas no presentarán tan claramente las mismas vecciones que en el dominio lógico-matemático.

En cuanto a las reorganizaciones nivel por nivel con integración de caracteres que se remontan hasta las fases iniciales, nuestra hipótesis general será la siguiente. En primer lugar, estableceremos una oposición entre la abstracción empírica, que extrae sus informaciones de los objetos mismos, y lo que llamaremos "abstracción reflexiva"[1] que procede a partir de las acciones y operaciones del sujeto. Esta segunda forma de abstracción tiene lugar a través de dos procesos necesariamente conjugados: *1*] un "reflejamiento" sobre un nivel superior (por ejemplo, de representación) de lo que se ha extraído de un nivel inferior (por ejemplo, de acción); y *2*] una "reflexión" que reconstruye y reorganiza, ampliándolo, lo que fue transferido por reflejamiento. En lo que respecta a la reflexión, es doblemente constructiva por dos razones complementarias. En primer lugar, el reflejamiento consiste en una puesta en correspondencia, y el mecanismo así puesto en marcha conduce, en el nivel superior, a nuevas correspondencias. Estas últimas asocian los contenidos transferidos con nuevos contenidos que son integrables en la estructura inicial, pero que permiten generalizarla. En segundo lugar, estos comienzos de morfismos conducen igualmente al descubrimiento de contenidos próximos, pero no directamente asimilables, a la estructura precedente: tiene entonces lugar una transformación que, por un proceso completivo, llega a integrar dicha estructura precedente, como subestructura de una estructura más amplia y, por consiguiente, parcialmente nueva. Este modo de construcción por abstracción reflexiva y generalización completiva[2] se repite indefinidamente, nivel por nivel. El desarrollo cognoscitivo resulta así de la iteración de un mismo mecanismo, constantemente renovado y ampliado por la alternancia de agregados de nuevos contenidos y de elaboraciones de nuevas formas o estructuras. Esto explica por qué las construcciones más elevadas permanecen en parte solidarias de las más primitivas, en razón de este doble hecho: integraciones sucesivas e identidad funcional de un mecanismo, susceptible de repeticiones, pero que se renueva sin cesar en virtud de su repetición misma en niveles diferentes.

[1] J. Piaget y colab., *Recherches sur l'abstraction réfléchissante*, París, PUF, 1977, 2 vols., EEG 34 y 35.

[2] Decimos que hay "generalización completiva" cuando una estructura, conservando sus caracteres esenciales, se ve enriquecida por nuevos subsistemas que se agregan sin modificar los precedentes. Por ejemplo, la incorporación al álgebra de las álgebras no conmutativas que completan a las conmutativas.

A título de ejemplo muy general de este proceso (pero sin analizarlo aún en detalle, y limitándonos a dar sus resultados), se puede citar las relaciones entre el contenido de los observables y su forma lógico-matemática. La conquista de los hechos experimentales procede, seguramente, por aproximaciones sucesivas ligadas a la construcción de aparatos de registro. Éstos dependen, a su vez, de los modelos teóricos y de nuevos problemas que ellos suscitan. De aquí resulta una extensión progresiva de las escalas de observación en las dos direcciones (hacia escalas superiores y hacia escalas inferiores), y esto requiere, naturalmente, una reorganización necesaria cada vez que se procede a un nuevo refinamiento. La matematización cada vez más compleja de los observables, y sobre todo sus variaciones considerables en el curso de la historia, conducen así a dos creencias, de las cuales una está bien fundada, mientras que la otra es discutible y exige un examen de los hechos que se remonte a los estadios más elementales.

La primera creencia u opinión a que hacemos referencia consiste en afirmar que por mucho que sea matematizado un observable físico, en los niveles científicos, dicho observable corresponde sin embargo a un dato exterior al sujeto: esto equivale a decir que los objetos existen, aun cuando las aproximaciones que permiten acercarse a ellos no los alcancen jamás de manera exhaustiva, y que permanezcan, por consiguiente, en el estado de límites.

La segunda opinión frecuente es que si la matematización es obra del sujeto, y si el objeto existe, se debe poder trazar una frontera estable entre dicha matematización y los objetos, en cuyo caso un "hecho" físico, en cuanto tal, no llevaría consigo una dimensión lógico-matemática, sino que la recibiría posteriormente. Es aquí, sin embargo, donde se impone el análisis de las reacciones más primitivas. Tal análisis provee una respuesta decisiva: no solamente no existe frontera delimitable entre los aportes del sujeto y los del objeto (el conocimiento sólo llega a las interacciones entre ellos), sino que, además, uno no se aproxima jamás al objeto si no es en función de sucesivas logicizaciones y matematizaciones. Más aún, la objetividad misma va aumentando en la medida en que dichos procesos de logicización y matematización se van enriqueciendo. En efecto, el objeto elemental y perceptivo es en parte logicizado desde el comienzo, aunque es menos "objetivo" que el objeto elaborado. Esta logicización desde los comienzos se debe a que para recortar en objetos los cuadros perceptivos globales, y luego para atribuir a estos objetos la permanencia que les es constitutiva, es necesario que las acciones relativas a ellos se coordinen según formas asimilatorias de orden, de imbricación, de correspondencias, etc., que son ya de naturaleza lógico-matemática: la interdependencia de las relaciones espaciales, de las cuantificaciones (en más y en menos) de tales formas y de los contenidos, inac-

cesibles fuera de esos marcos debidos a las actividades cognoscitivas del sujeto, es pues general a todos los niveles y sólo puede ser verificada por el análisis psicogenético.

2. FORMACIÓN Y SIGNIFICACIÓN

Lo anterior nos conduce al problema central que será reanalizado sin cesar en esta obra: ¿la formación de los instrumentos cognoscitivos es de tal naturaleza que permite esclarecer la significación epistemológica que ellos poseen, o bien se trata de dos dominios heterogéneos, de los cuales uno pertenece a la psicología y a la historia mientras que el otro apela a métodos radicalmente independientes de aquéllas?

Aquí es necesario aclarar que el término "psicogénesis" da lugar a los malentendidos más perturbadores, y también más tenaces, en cuanto no se distinguen los dos problemas o terrenos de investigación siguientes: *1*] la psicogénesis de los conocimientos o estudio de la formación y de la naturaleza de los instrumentos cognoscitivos, en tanto están sometidos a las normas que se da o acepta el sujeto en sus actividades intelectuales (sean endógenas o referidas al objeto); y *2*] la psicogénesis de los procesos fácticos, en tanto que independientes de todo carácter normativo, es decir de la verdad o la falsedad (desde el punto de vista del sujeto), y sin más referencia que al funcionamiento psicofisiológico de los comportamientos (mecanismo material de las acciones, estados de conciencia, memoria, imágenes mentales, etc.). Resulta claro, entonces, que los autores que ponen en tela de juicio la importancia de la psicogénesis para la epistemología no vean sino este aspecto fáctico de los desarrollos, y olviden que en todos los niveles el sujeto obedece a normas cognoscitivas. El interés de estas últimas reside, sin embargo, en el dinamismo de sus construcciones sucesivas, para la constitución de todo conocimiento válido.

No se trata, por cierto, sino de normas precientíficas, pero el hecho fundamental para la epistemología de las ciencias es que el sujeto, partiendo de niveles muy bajos con estructuras prelógicas, arribará más tarde a normas racionales, isomorfas a aquellas que caracterizaron el nacimiento de las ciencias. Comprender el mecanismo de esta evolución de las normas precientíficas hasta su fusión con las del pensamiento científico incoactivo es, pues, un problema incontestablemente epistemológico. Por otra parte, este problema ha sido abordado a menudo, en el plano de la sociogénesis del conocimiento, con respecto a los números "naturales" (este término es, por sí mismo, el enunciado de un problema; ¡problema que también es nuestro!), a las clasificaciones, etc. El lógico E.W. Beth, poco sospechoso de tener un amor exagerado por la psicología, después de haber recordado la autonomía necesaria de la lógica (sin "psicologismo") y de la psicología del conocimiento (sin "logicismo", puesto que las normas que se estudian son las del sujeto y no las del lógico), agrega: "Pero la situación es diferente si uno se sitúa en el punto de vista de la epistemología, en la medida en que esta disciplina se propone interpretar la ciencia en tanto resultado de la actividad mental del hombre o, lo que es lo mismo, explicar cómo el pensamiento real del hombre puede producir la ciencia como sistema coherente de conocimientos objetivos."[3]

En cuanto a precisar cómo el estudio de las normas cognoscitivas del sujeto permite llegar a los procesos propios de la constitución del saber, está claro que no habrá de recurrirse a declaraciones verbales, ni aun a un análisis de la toma de conciencia, sino esencialmente a un análisis de lo que "hace" el sujeto (por oposición a lo que piensa que hace) para adquirir y utilizar un conocimiento, o un "saber hacer", o para considerarlo como bien fundado. Puede ocurrir, entonces, que un mismo problema se presente sobre ambos terrenos, el de la epistemología de las ciencias y el de la psicogénesis. Un buen ejemplo de este caso es la noción de "sólido indeformable". Hasta el siglo XIX, fue considerado por los geómetras como un dato empírico, y aun directamente perceptivo, lo cual los conducía a interpretar su propia ciencia como una matemática aplicada a un dato inmediato de la experiencia. Sólo tardíamente se llegó a la concepción que la atribución a un sólido de su carácter de (idealmente) indeformable se basaba en realidad en toda una estructuración deductiva que involucraba el grupo de los desplazamientos y una métrica con invariancia de las distancias. Por otra parte, una experiencia relativamente reciente, llevada a cabo en el Centro Internacional de Epistemología Genética, ha mostrado resultados sorprendentes en muchos sentidos. Se presenta a los niños un dispositivo triangular formado por varillas rígidas que unen tres pequeños anillos, A, B y C, de tal manera que fijando un lápiz en el agujero A, y haciendo desplazar el dispositivo, se puede dibujar la trayectoria. Lo que se pide es, simplemente, reconstituir los trayectos de B y C sobre el papel en el cual se ha dibujado el trayecto de A, y situarlos debajo de A (los tres puntos A, B y C forman pues un triángulo cuyo vértice superior es A). En tales casos, los sujetos más pequeños no llegan ni aun a conservar, en los puntos de llegada, la configuración que tenían A, B y C al comienzo de su trayectoria. En un segundo período, los sujetos respetan esta correspondencia pero no se preocupan por las posiciones intermedias, como si A, B y C tuvieran desplazamientos relativos entre ellos, durante la ruta, para retomar sus emplazamientos respectivos sólo a la llegada. No es sino en un estadio tardío y apoyándose en argumentos

[3] E.W. Beth y J. Piaget, *Epistemologie, mathématique et psychologie*, París, PUF, 1961, Conclusions générales, p. 325.

métricos y en el postulado de la invariancia de las relaciones entre los tres puntos durante el curso del desplazamiento que los sujetos llegan a resolver el problema.[4] Resulta, pues, evidente que la indeformabilidad del dispositivo ha sido contruida y no dada en la percepción visual, siendo que esta última estaba constantemente presente durante el desplazamiento *muy lento* del objeto en cada experiencia.

Hay ahí, por consiguiente, un ejemplo claro de una cuestión epistemológica (naturaleza empírica o construcción deductiva del concepto de sólido indeformable) que se presenta simultáneamente en el plano de la filosofía del saber geométrico y en el nivel de la psicogénesis. Pues bien: se ha verificado, así, que la respuesta que provee esta última confirma una interpretación de tipo racionalista, mientras que si la interpretación empirista hubiera sido cierta, es en los estadios elementales donde hubiera podido ser verificada.

3. PROBLEMAS DE LA HISTORIA

En lo que respecta a saber si la formación de los conocimientos nos informa sobre su significación epistemológica, en el plano mismo de la historia de las ciencias y no ya de la psicogénesis, se trata aquí de una hipótesis que se admite mas fácil y más corrientemente. En efecto, es un hecho aceptado que la ciencia está en un perpetuo devenir y que no puede considerarse ningún sector, por limitado que sea, como definitivamente establecido sobre sus bases y al abrigo de toda modificación ulterior, aun en el caso de que —como ocurre en las matemáticas— lo que está demostrado se integre en lo que sigue y no se vuelva a cuestionar: tal integración puede, efectivamente, mostrar que una verdad tenida por general, no constituye de hecho más que un caso particular. Aun en dicho caso, y en este sentido restringido, se puede, pues, hablar de error parcial y de rectificación. En estas condiciones de devenir general, va de suyo que un conocimiento no podría ser disociado de su contexto histórico y que, por consiguiente, la historia de una noción provee alguna indicación sobre su significación epistémica. A fin de establecer tales vínculos, es necesario formular el problema en términos de vecciones, es decir, de evolución de las normas en una escala que permita discernir las etapas, y no en términos fácticos de influencia de un autor sobre otro. En particular, desde este punto de vista, carece de interés el problema tan controvertido del papel de los precursores en la obtención, por algún autor, de un nuevo sistema que englobe los aspectos particulares de un tema dado.

Para el punto de vista que adoptamos, lo esencial es caracterizar

[4] J. Piaget y colab., *Recherches sur les correspondances*, París, PUF, 1980, FEG 37, cap. 4

los grandes períodos sucesivos del desarrollo de un concepto, o de una estructura, o de las perspectivas de conjunto sobre una disciplina dada, y todo esto con aceleraciones y regresiones o sin ellas, con acciones de precursores o "rupturas epistemológicas". El problema central a considerar no es el de la continuidad o las discontinuidades (puesto que ambas intervienen en todo desarrollo),[5] sino la existencia de las etapas mismas y, sobre todo, el porqué de su sucesión. En cuanto al papel de los precursores, es un problema psicológico mucho más que epistémico, según que el creador final desee prolongar o completar las intuiciones de aquéllos o, por el contrario, oponerse a ellas para rebasarlas, o que haya oscilación entre esas dos actitudes (que es el caso más frecuente).

No obstante, si bien todos reconocen el alcance epistemológico del estudio de los períodos históricos y de las vecciones que involucran, lo que se ve mucho menos es que hay una cierta falta de coherencia lógica en reconocer, por una parte, el poder de información que contiene la historia por cuanto analiza la construcción del conocimiento, y negar, al mismo tiempo, la misma capacidad en lo que se refiere a la psicogénesis. Tal incoherencia se torna evidente en cuanto se pone de manifiesto el estrecho parentesco entre ambos tipos de investigación. La razón de tal parentesco no consiste solamente en que, como ya se ha dicho, las etapas del saber no se suceden simplemente en un orden lineal (lo cual hubiera permitido considerar que las etapas más elementales no desempeñan ningún papel ulterior), sino que, por el contrario, cada estadio o período comienza por una reorganización de lo que heredó de los precedentes estadios o períodos. Hemos visto, a este respecto, un ejemplo relativo a la noción de sólido indeformable cuyo carácter de construcción deductiva ha quedado evidenciado como la forma efectiva en que se construye esta propiedad de indeformabilidad, tanto en el nivel psicogenético donde la experiencia refuta el carácter empírico a él atribuido como en el nivel científico.

Es preciso agregar que la razón principal por la cual hay parentesco entre los estudios histórico-críticos y psicogenéticos en la epistemología no reside solamente ahí. La razón es más profunda, y consiste en que los dos tipos de análisis conducen tarde o temprano —y cualquiera que sea la magnitud de la diferencia entre los materiales utilizados— a reencontrar en todos los niveles instrumentos y mecanismos similares, no sólo en las interacciones elementales entre sujetos y objetos, sino muy particularmente en la forma en que un ni-

[5] En su interesante "Introducción" al libro *Genèse de la pensée linguistique* [París, A. Colin, 1978], A. Jacob declara que "una enseñanza epistemológica fundamental' ha sido, para él, 'reconocer que la lectura del devenir de las teorías lingüísticas no privilegia ni la continuidad ni la discontinuidad' (p. 35).

vel condiciona la formación del siguiente, lo cual nos conduce, como se verá, a formular los mismos problemas generales comunes a todo desarrollo epistémico.

4. EXPERIENCIA Y DEDUCCIÓN

El problema más general de todo desarrollo epistémico —puesto ya de manifiesto en el ejemplo antes analizado, pero que reencontramos en todos los dominios— reside en la determinación del papel que desempeñan, en la elaboración de los conocimientos, la experiencia, por un lado, y las construcciones operativas del sujeto, por el otro.

Consideremos, por ejemplo, los principios de conservación. Hay aquí dos consideraciones que resulta casi trivial volver a poner de manifiesto. En primer lugar, se trata de una exigencia de la deducción misma, puesto que si todo se transforma a la vez, sin invariantes, no hay posibilidad de establecer ninguna inferencia necesaria: esta es la razón por la cual Lavoisier postuló la conservación de los pesos en las reacciones químicas, antes de medirlos, y es igualmente la razón por la cual la noción de energía potencial se impone independientemente de toda medida directa. Pero, en segundo lugar, los principios de conservación han cambiado de contenido como ha sido el caso con la masa y la energía, en la física relativista, o con la "acción" en microfísica: se trata, en este caso, de un papel indispensable que desempeña la experiencia. De aquí proviene la declaración de Poincaré: sabemos siempre que hay algo que se conserva, pero es la experiencia la que indica qué es lo que se conserva. A este respecto, uno de los resultados más instructivos de los estudios psicogenéticos ha sido el mostrar el carácter no inmediato de las conservaciones más simples, como aquellas que están vinculadas con la pura aditividad, así como permitir seguir paso a paso la formación de las operaciones constitutivas de tales invariantes. Sobre el primer punto, se puede citar la no conservación inicial del número[6] cuando se modifica sin más la disposición espacial de un conjunto de 7 a 10 objetos dispuestos en fila, en cuyo caso el niño (hasta los 7 años aproximadamente) se imagina que el número ha aumentado en cuanto se espacian un poco más los elementos, aumentando la longitud de la fila. Sobre el segundo punto, recordemos los resultados que se obtienen cuando se transforma, alargando como salchicha, una bola de plastilina:[7] después de haber negado que la cantidad de materia, el peso y el volumen se conserven, los sujetos llegan a considerar como necesario que la cantidad (o sustancia total) permanezca invariante, mientras que se considera que el peso y el volumen todavía están sufriendo modificaciones. Pero entonces, ¿qué puede ser una cantidad de materia independientemente de su peso y de su volumen? No se trata, ciertamente, de un dato perceptivo, ni aun perceptible, sino de una exigencia lógica. Además, es posible seguir su formación. En el nivel de la no conservación, el sujeto ve ya naturalmente que el cambio de forma se debe al desplazamiento de partes, pero no las interpreta sino como *producciones* nuevas en los puntos de llegada, sin pensar en lo que es sustraído en los puntos de partida: si en lugar de empujar simplemente con los dedos las partes desplazadas, uno quita un trozo de la bola y la vuelve a colocar en la dirección del alargamiento, el sujeto llega más fácilmente a admitir la conservación, lo cual confirma nuestra hipótesis. La operación constitutiva en juego podría pues ser caracterizada por la "conmutabilidad", si entendemos por ella una igualización o compensación entre lo que es sustraído al comienzo y lo agregado al final (independientemente del orden lineal propio de la *conmutatividad*): la generalidad de este proceso inferencial presenta un cierto interés epistemológico, puesto que subordina la invariancia a un sistema de compensaciones operatorias que le proveen una forma deductiva, sin perjuicio de que sea la experiencia la que hace corresponder los contenidos adecuados.

[6] J. Piaget y A. Szeminska, *La genèse du nombre chez l'enfant*, Neuchâtel, Delachaux y Niestlé, 1941.

[7] J. Piaget y B. Inhelder, *Le développement des quantités physiques chez l'enfant*, 2a. ed., Neuchâtel, Delachaux y Niestlé, 1962.

5. INSTRUMENTOS INICIALES DEL CONOCIMIENTO

Lo anterior nos conduce a un segundo gran problema cognoscitivo común a los estudios histórico-críticos y psicogenéticos en epistemología: el que concierne a la naturaleza de las relaciones entre el sujeto y los objetos de su conocimiento, sea que se trate de objetos lógico-matemáticos o físicos. No se trata, todavía, de formular esta cuestión en términos de las grandes interpretaciones empiristas, aprioristas o dialécticas, aunque seremos conducidos a ellas; se trata, más simplemente, de establecer qué tipos de instrumentos utiliza el sujeto para resolver los problemas, de dónde surgen, y cómo son elaborados.

A este respecto, si consideramos un sistema de conocimientos en su estado ya acabado (por ejemplo, una vez axiomatizado), podemos tener la impresión de que los conocimientos así sistematizados se reducen a enunciados (recordemos que el positivismo lógico intentó en sus comienzos hacer del lenguaje y de la percepción la fuente de todos los instrumentos del saber lógico-matemático y físico). Sin embargo, el problema está en examinar por medio de qué instrumentos han sido adquiridos los conocimientos, antes de sus formalizaciones, puesto

que estas últimas se apoyan necesariamente en algo que fue previamente adquirido, a menos de acantonarse en la lógica pura que es, en cierta manera, una formalización de la actividad formalizante.

Notemos sin embargo, que aun en el plano de la axiomática estricta se puede distinguir una dualidad de procesos comunes a todos los dominios del conocimiento y cuyas múltiples manifestaciones pueden seguirse a través de la historia: la dualidad de los instrumentos comparativos (las correspondencias), y de los instrumentos transformadores (o construcciones operatorias). En efecto, una axiomática involucra, por una parte, un conjunto de implicaciones que son, para el caso $p > q$, correspondencias inyectivas entre la verdad de p y la verdad de q. Pero, por otra parte, los teoremas resultan de la combinación de axiomas no redundantes (cuando no se trata de implicaciones a partir de un solo axioma); y en este caso hay "transformaciones" si designamos así la construcción de nuevos contenidos a partir de otros que no los contienen analíticamente. En efecto, una composición de axiomas distintos llega a ser algo más que la enumeración de lo que cada uno de ellos contiene separadamente, y el producto de esta síntesis no es, pues, analítico.

Si consideramos ahora los conocimientos con anterioridad a sus formalizaciones, encontramos en todos los niveles la misma dualidad entre los instrumentos comparativos constituidos por las correspondencias, y las operaciones transformantes, pero con una solidaridad creciente, en particular en la medida en que las transformaciones han podido ser estudiadas en sí mismas. Desde las matemáticas griegas se ha hecho uso de múltiples operaciones, tanto en las transformaciones de una figura con vistas a una demostración geométrica, como en la manipulación de los números, y está claro que cualquier ecuación involucra un juego de correspondencias. Estas últimas fueron elaboradas hasta obtener incluso una teoría completa de las proporciones. Sin embargo, en ausencia de una toma de conciencia de las transformaciones como tales, las correspondencias utilizadas no lograron el nivel que presentaron de manera explícita en el caso del álgebra y del análisis infinitesimal del siglo XVII. A partir de esta época, se asiste a la construcción de una multiplicidad creciente de transformaciones reconocidas en tanto que operaciones efectivas y en solidaridad estrecha con las correspondencias. Pero la tematización final de las transformaciones en "estructuras", y de las correspondencias en "categorías", se realizó en dos momentos diferentes, lo cual constituye una prueba suplementaria y significativa de su dualidad.

Uno de nosotros ha intentado mostrar, en otra parte, que el retardo de la teoría tematizada de las segundas con respecto a las primeras se explicaría por el hecho de que, en la medida en que toda tematización es un sistema de comparaciones a base de correspondencias la reflexión comparativa relativa a las estructuras de transformación es

directa, o sea de primer grado, mientras que la tematización de las categorías supone una reflexión sobre los propios instrumentos reflexivos y es, por consiguiente, de segundo grado.

Si recordamos aquí estos datos es porque hay allí un buen ejemplo de proceso histórico que puede ser esclarecido por la psicogénesis. En primer lugar, los hechos que ésta pone en evidencia prueban de manera decisiva que los instrumentos iniciales del conocimiento no son ni la percepción ni el lenguaje, sino los esquemas de las acciones sensorio-motrices. Tales esquemas dominan desde el comienzo las percepciones y no se verbalizan en conceptos o no se interiorizan en operaciones del pensamiento sino mucho después. Por otra parte, cada esquema de acción es fuente de correspondencias en la medida en que se aplica a situaciones u objetos nuevos, mientras que la coordinación de los esquemas es fuente de transformaciones en tanto que engendra nuevas posibilidades de acción. Hay, pues, desde un comienzo, dualidad pero solidaridad posible entre las correspondencias y las transformaciones. Sin embargo, debe agregarse el hecho esencial de que, puesto que la toma de conciencia está en un comienzo orientada hacia el exterior (resultado de las acciones) y no hacia el interior (coordinación endógena de las acciones), las correspondencias habrán de permanecer por largo tiempo independientes de las transformaciones, antes de que ambas entren en interacción. Encontramos a este respecto una situación que puede ser puesta en paralelo con los comienzos del pensamiento científico, y por las mismas razones, puesto que las leyes de la toma de conciencia aparecen como muy generales y explican además por qué, en todos los niveles, la tematización de una operación es siempre ulterior a una fase de utilización no reflexiva.

6. CONSTRUCCIÓN Y PREFORMACIÓN

Un tercero y gran problema, a propósito del cual la comparación de la historia con la psicogénesis es instructiva, es el de establecer en qué medida un conocimiento nuevo estaba preformado en un conocimiento precedente, o si surge de una construcción efectiva, susceptible esta última de estar, a su vez, predeterminada. Puede parecer curioso que se plantee tal cuestión a propósito de la psicogénesis, puesto que, para el sentido común, el niño no inventa nada y recibe por educación todo lo que aprende. Sin embargo, la mejor prueba de la falsedad de esta tesis es el desarrollo espectacular que tiene lugar en el curso de los dieciocho primeros meses de vida, cuando el niño no habla todavía y sólo está provisto de un pequeño número de conductas: sin embargo, el progreso de su inteligencia y la construcción del espacio, de los objetos permanentes, de la casualidad, etc., atesti

guan una sorprendente multiplicidad de invenciones y descubrimientos. Resulta de aquí que, ya a partir de este período, se plantea el problema de saber si se trata de novedades sucesivas, de la ejecución de un programa hereditario, o aun de la actualización de posibilidades implicadas desde el comienzo en ciertas intuiciones sintéticas *a priori*.

Sobre el terreno de las ciencias deductivas, el problema es de una gran dificultad puesto que, por muy creadora que aparezca una invención en el momento en que se hace, sus resultados, una vez demostrados, se tornan tan "necesarios" que no se puede evitar ver en ellos el descubrimiento de objetos y de relaciones que existían con anterioridad. De aquí que, aun sin apelar a un sujeto trascendental o trascendente que mantenga en su seno todas las verdades lógico-matemáticas, los matemáticos son casi siempre más o menos platónicos. Pero si así fuera, ¿dónde habría que situar a los "seres" matemáticos y cómo concebirlos? A este respecto, cabe hacer notar que la noción de estos "seres" se ha modificado profundamente en la ciencia contemporánea: cualquier operación o cualquier morfismo es un "ser" con el mismo título que un número o una figura, en cuyo caso no se ve muy bien que podrían ser una operación o una comparación por correspondencia sin un sujeto que opere o que compare. ¿Se podría tratar, entonces, de un mundo de construcciones "posibles"? Pero el conjunto de "todos" los posibles es una noción antinómica, y lo que se da no consiste sino en aperturas continuas sobre nuevas posibilidades. Esto llevaría pues a un constructivismo, a menos que nos preguntemos, frente a cada nueva apertura, si estaba o no predeterminada.

Respecto a este problema no hay, en efecto, sino dos actitudes coherentes: situar a los "seres" matemáticos fuera de la naturaleza y hacer de ésta —como lo hace G. Juvet—[8] un sector muy pequeño del universo de esos "seres"; o considerarlos como pertenecientes a la naturaleza y referidos, por consiguiente, a procesos temporales, pero alcanzando la intemporalidad una vez logrado el nivel de las necesidades instrínsecas, las cuales se tornan permanentes a partir de su constitución. No obstante, al vincular así las formas lógico-matemáticas al espíritu humano, queda todavía la posibilidad de considerarlas, ya sea como predeterminadas en virtud de una programación hereditaria, o bien como resultado de construcciones sucesivas y siempre innovadoras.

Es aquí donde se impone el recurso a la historia y a la psicogénesis; la primera habrá de mostrar sin ambigüedad que la necesidad evoluciona (¿qué queda hoy de lo que parecía "necesario" a los griegos?), mientras que la segunda nos informará sobre la manera en que esa "necesidad" se constituye bajo sus formas más simples. Tratándose,

[8] G. Juvet, *La structure des nouvelles théories physiques*, 1933.

pues, de elegir entre el innatismo y la construcción, y dando por sentado que el espíritu humano es un producto de la organización biológica antes que predomine en él la cultura colectiva, los hechos parecen indicar que el mecanismo orgánico que desempeña el papel fundamental en esta génesis no es la herencia, sino un sistema de autorregulaciones. Considerar las estructuras matemáticas como innatas presenta, en efecto, los más graves problemas biológicos, además de no esclarecer en absoluto el misterio de su naturaleza. Por el contrario, el mecanismo mismo de las regulaciones, con sus composiciones y la dirección retroactiva de los *feedbacks*, parece ya preparar las estructuras operatorias con su reversibilidad. A su vez, los largos y laboriosos tanteos que preceden, en el curso de la psicogénesis, a la construcción de los invariantes, de la transitividad y de la recursividad, serían difícilmente comprensibles si estas propiedades operatorias fundamentales estuvieran programadas hereditariamente y su constitución relativamente tardía (alrededor de los 7 años) no estuviera relacionada sino con las maduraciones nerviosas. Esto resulta tanto menos verosímil en la medida en que, según sean los dispositivos experimentales utilizados, uno puede acelerar estas construcciones o hacerlas más lentas. Sin embargo, una vez que resultan posibles, con cierta rapidez tienen lugar generalizaciones que pueden llegar a veces hasta el infinito. Ya a los cinco años y medio, un sujeto que admitía que si $n = n'$, $n + 1 = n' + 1$, cuando se le preguntó qué pasaría si uno continuaba así por mucho tiempo, respondió: "Cuando uno lo sabe para una vez, lo sabe para siempre."[9]

Este pasaje de la construcción temporal a la necesidad intemporal, que va de suyo en una perspectiva constructivista, pero que presentaría el problema insoluble de la localización del infinito si éste no estuviera vinculado a la iteración ilimitada de un "acto", y debiera consistir en un "ser" predeterminado en un programa hereditario o en una realidad platónica, acerca de la cual nadie ha podido decir jamás mediante qué tipo de mecanismo mental podría ser alcanzada.

Todos los hechos que serán descritos en esta obra, mostrando las analogías entre las construcciones históricas y los procesos psicogenéticos, confirmarán, por otra parte, una verdad bien conocida y que es esclarecedora en cuanto a la elección entre la hipótesis constructivista y la hipótesis de la preformación: antes de la tematización de una estructura, sus operaciones constitutivas intervienen ya, a título instrumental, en la fase anterior de construcción, de tal manera que la construcción se apoya de hecho en la estructura en devenir, de la misma manera que la saturación de ésta supone su integración en una estructura superior más fuerte. Estos hechos, que surgen a la vez

[9] P. Greco, B. Inhelder, B. Matalon y J. Piaget, *La formation des raisonnements récurrentiels*, París, PUF, 1963, EEG 17.

de la construcción temporal y de la teoría intemporal de los límites de la formalización, muestran el parentesco de estas dos clases de consi deraciones aparentemente heterogéneas, así como la necesidad de concebir a todos los "seres" lógico-matemáticos como si debieran su existencia sólo a las acciones y no a un dato independiente del sujeto.

7. CAMINOS DIFERENTES Y SUS PUNTOS DE LLEGADA

Si los "seres" matemáticos son engendrados por las construcciones del sujeto, y si las verdades físicas están subordinadas a la vez a estas construcciones y a las posibilidades de acciones de los experimentalistas, parecería que resultara de allí una consecuencia aparentemente inquietante: puesto que el estado de un sistema cognoscitivo en el punto de llegada depende del camino que ha conducido a él, ¿no podría lograrse un mismo estado por dos caminos diferentes? En tal caso, esto equivaldría a decir que un objeto X (objeto real u objeto de pensamiento) no sería ya el mismo X, sino otro (X'), si en lugar de seguir el trayecto t, hubiera seguido un trayecto t' que condujera a X'. Podríamos así concebir que, si nuestros conocimientos físicos hubieran comenzado sobre el terreno biofísico, en lugar de los dominios inorgánicos, hubiéramos quizá llegado a otra física subordinada desde el inicio a la noción de campo o de estructuras disipativas en el sentido de Prigogine;[10] o que otra matemática hubiera sido posible si los griegos hubieran partido de postulados no euclidianos o no arquimédicos. Por el contrario, si se cuestionan estas suposiciones, y se atribuye al espíritu humano una sola física y una sola matemática posible, esto nos conduciría a la hipótesis de la predeterminación de los conocimientos. Parecería, pues, que estamos en presencia de una alternativa ineluctable: o una diversidad heterogénea de caminos y de resultados posibles, o la preformación del saber.

Hay dos razones, sin embargo, para negarse a aceptar tal dilema. En primer lugar, los resultados diferentes obtenidos por caminos distintos serán tarde o temprano coordinados por medio de transformaciones más o menos complejas entre X y X'. En segundo lugar, las coordinaciones transformantes no son posibles sino *a posteriori*, y no pueden, por consiguiente, estar preformadas. La confianza en la intervención de tales coordinaciones se funda en el hecho de que la naturaleza (o el "mundo") existe, y que por muy poco estática que sea —puesto que involucra una evolución continua de los seres y de la mente— dicha naturaleza no es contradictoria. Ahora bien, en el seno de esta naturaleza se presentan dos puntos de unión entre la mente y la realidad física, lo cual asegura su interacción y aun bajo una forma cuasi-circular: una juntura terminal que permite al sujeto hacer experiencias sobre el mundo exterior, y una juntura inicial que liga su mente a su organismo y este último a las estructuras del mundo físico con las cuales está en interacción continua. De aquí resulta que aun cuando las construcciones de la mente rebasen muy ampliamente (y aun "infinitamente") las fronteras de los fenómenos, puede de todas maneras haber acuerdo entre aquéllas y éstos, y que cuando caminos diferentes de investigación hayan llegado a resultados aparentemente incompatibles, se puede esperar siempre que sean coordinables mediante la invención de nuevos instrumentos cognoscitivos.[11] Un buen ejemplo es el de la onda y la partícula en microfísica: concebidas en un comienzo como mutuamente exclusivas, luego como simplemente asociadas, sus relaciones permanecen hoy plenas de misterio, pero hay certeza entre los físicos de poder llegar a explicarlas tarde o temprano. Sin embargo, tales coordinaciones no podrían ser concebidas como predeterminadas, y esto por dos razones, de las cuales una proviene de la mente y la otra de la realidad exterior. La primera resulta del hecho de que los términos a coordinar son nuevos y variables, de tal manera que sus relaciones no pueden ser establecidas sino por construcciones *a posteriori*. La segunda es que, por muy dinámica que sea la naturaleza, y por mucho que sea fuente de transformaciones, su forma de proceder es sólo a través de aperturas sucesivas a nuevas variaciones en función de modificaciones situadas también en el tiempo: decir que todas las combinaciones concebibles están preformadas en un conjunto inicial de "todos" los posibles es, pues, una afirmación desprovista de sentido, tanto más cuanto que el "todos" no constituye sino una reunión concebida ella misma como "posible", pero en un sentido que se refiere, a la vez, a esta clase y a sus subclases.

8. LA NOCIÓN DE "HECHOS"

La cuestión de las relaciones entre los hechos y las interpretaciones se presentará sin cesar en las páginas que seguirán, dedicadas en gran parte a la epistemología de la física y las matemáticas. Por consiguiente, puede ser útil referirnos con cierta precisión, en esta introducción, a los problemas que presenta la noción misma de "hecho".

Como ya señalamos en la sección 1, un observable, por elemental

[10] P. Glansdorff e I. Prigogine, *Structure, stabilité et fluctuations*, París, Masson, 1971.

[11] Esta dependencia de los resultados con respecto al camino recorrido está, como es sabido, limitada a los sistemas abiertos. Por el contrario, es una ley fundamental de los sistemas cerrados que la identidad de un mismo punto puede ser lograda por caminos diferentes.

que sea, supone ya mucho más que un simple registro perceptivo, puesto que la percepción como tal está ella misma subordinada a los esquemas de acción: estos últimos, en tanto que involucran una logización por el juego mismo de sus puestas en relación, imbricaciones, etc., constituyen entonces el marco de todo observable. Por consiguiente, este último es, desde el inicio, el producto de la unión entre un contenido dado por el objeto, y una forma exigida por el sujeto a título de instrumento necesario de toda verificación. Si esto es cierto acerca de los "registros" perceptivos, con mayor razón tales construcciones del sujeto se tornan más y más importantes cuando se pasa de allí a los diferentes estadios de la interpretación, de los cuales existen varios hasta llegar a los niveles terminales caracterizados por la búsqueda de la explicación causal.

Podemos pues, considerar el "hecho" ya sea que se trate de una propiedad, de una acción o de un evento cualquiera – como un observable, pero a partir del momento en que es "interpretado", es decir, revestido de una significación relativa a un contexto más amplio, mientras que un simple observable posee una significación (puesto que toda asimilación confiere ya una significación) que puede permanecer enteramente local en el espacio y aun en el tiempo. Por consiguiente, un hecho es, siempre, el producto de la composición entre una parte provista por los objetos y otra construida por el sujeto. La intervención de este último es tan importante, que puede llegar hasta a una deformación o, aún más, a una represión o rechazo del observable, lo cual desnaturaliza el hecho en función de la interpretación. Veamos un ejemplo. Para disparar una piedra amarrada a un hilo, que se hace girar en círculos a fin de hacerla entrar en una caja situada delante de ellos, los niños aprenden rápidamente a lanzar la piedra tangencialmente en las posiciones precisas.[12] Si representamos al círculo por un cuadrante horario horizontal, y referimos las posiciones de la piedra a las horas marcadas en el cuadrante, el lanzamiento debe realizarse cerca de las 3 horas o de las 9 horas. Pero cuando se les interroga sobre lo que han hecho, creen haber liberado el proyectil enfrente mismo de la caja (es decir en posición correspondiente a las 12 horas): hay allí una deformación del observable en función de una falsa interpretación, según la cual un proyectil no puede llegar a su blanco a menos que sea lanzado según la recta que une a quien lanza el proyectil con el blanco.

Otros numerosos ejemplos podrían ser citados en el plano de la psicogénesis, pero también en la historia de las ciencias se encuentra una actitud análoga cuando un investigador, antes de aceptar un hecho que desmiente sus teorías, trata por todos los medios de atenuar su alcance: el mismo Planck, habiendo descubierto su primer

[12] J. Piaget y colab., *La prise de conscience*, París PUF, 1974.

ejemplo de quanta, buscó durante algunos años dónde podría encontrarse lo que él creía era un error, antes de decidirse a reconocer el hecho. Si la interpretación del sujeto resulta clara en los casos en que es errónea, no es menos necesaria para la constitución del hecho cuando es correcta, cualquiera que sea el nivel: la caída de una manzana es un hecho para un campesino que ve en ello la reacción normal de una fruta madura, tanto como para Newton, a quien se atribuye haber reconocido ahí un ejemplo de la gravitación.

Pero si la interpretación propia de la constitución del hecho muestra ya que, en todos los niveles, un hecho es siempre solidario de un sistema de conceptos o de esquemas sensorio-motrices, conviene sin embargo precisar que este tipo de interpretación, aunque superior a la asimilación simple que sirve de registro del observable, no es sino la menos compleja de una serie jerárquica que conduce al objeto, a la legalidad y, finalmente, a la interpretación causal, es decir, explicativa. Los observables pueden contentarse con un solo esquema para ser registrados, sin perjuicio de su diferenciación por acomodación en caso necesario. Por el contrario, nosotros admitiremos que hay un "hecho" a partir del momento en que se torna necesario un sistema de esquemas: decir que esta manzana ha caído, que esta montaña está cubierta de foresta o que la puesta de sol ocurrió a tal hora, en este lugar, y en tal fecha, son hechos, todos los cuales suponen coordinaciones de conceptos. Pero aun cuando haya allí un progreso con respecto a los observables constitutivos, estamos todavía muy lejos de una teoría deductiva, causal o meramente legal.

Notemos, antes de llegar ahí que el "objeto" se constituye en interacción con los hechos, es decir, en el mismo nivel, pero según una dualidad de significaciones. La formación del objeto supone una coordinación de hechos. Esto es evidente desde los comienzos mismos de la permanencia del objeto, en el período sensorio-motriz, con la intervención de posiciones, sucesiones, etc., que permiten finalmente a un bebé buscar un objeto oculto por una pantalla. Pero, recíprocamente, un hecho, en tanto solidario de un sistema de esquemas, no adquiere la significación ampliada que lo distingue de un observable sino en la medida en que expresa propiedades o acciones de objeto. Se puede, pues, considerar al objeto como una síntesis de hechos referidos a un mismo sustrato, y los hechos como la expresión de relaciones o de acciones entre objetos, o interiores a uno de ellos (pero, en este caso, con correspondencias posibles con respecto a los otros).

9. LEGALIDAD Y CAUSALIDAD

Dicho lo anterior, resulta claro que el progreso subsiguiente en las interpretaciones que involucran la constitución de hechos se deba a

una generalización que conduce al establecimiento de "hechos generales". Un hecho general no es otra cosa que una ley. Esto es cierto ya desde los niveles elementales, aunque su logización permanece cualitativa; por ejemplo, cuando un bebé descubre que todo objeto suspendido puede ser balanceado. Pero, también en los niveles altamente matematizados, una ley física permanece en el estado de hecho general en tanto su generalidad sea de naturaleza inductiva y no resulte todavía de conexiones necesarias: en efecto, la matematización en juego no consiste, en esta situación, sino en un conjunto de formas "aplicadas" por el físico a un contenido provisto por la experiencia; y si el empleo de tal forma, en grados diversos, está dictado por la naturaleza de su contenido, este último no está revestido aún de caracteres necesarios en tanto no esté inserto en un sistema de relaciones causales. Estas últimas, por el contrario, rebasan las fronteras de los hechos y de las leyes, puesto que son a la vez consecuencia necesaria de otros hechos y fuente de nuevas transformaciones. La interpretación en juego en la construcción de un modelo causal es pues de un nivel jerárquico superior al de la interpretación constitutiva de hechos y de leyes, aun cuando puedan comenzar, cronológicamente, en simultaneidad con ésta: lo que la interpretación causal aporta de nuevo es entonces, precisamente, la necesidad "atribuida" a las secuencias en su mismo contenido, y esta necesidad intrínseca es muy distinta de la obligación de aplicar tal forma lógico-matemática a tal contenido, el cual permanece, en este caso, simplemente comprobado y no explicado. Recordemos, sobre todo, que la necesidad de las secuencias no es lo mismo que su generalidad, y que cuando se habla de "leyes causales" para designar secuencias simplemente regulares (por lo tanto ya generales), hay un abuso de lenguaje: la causalidad no expresa solamente el "hecho" de que B sigue "siempre" a A, sino que pretende desentrañar el modo de transformación que conduce de A a B; por ejemplo, la transferencia de mv o de $\frac{1}{2}mv^2$, de una bola a la siguiente, en el caso de una propulsión.

Importa, por lo tanto, precisar las diferencias entre la ley y la causa y, para hacerlo, analizar la naturaleza de los intermediarios entre las inferencias legales y la deducción causal. En efecto, establecer hechos generales o leyes puede dar lugar a dos clases distintas de inferencias. Está, ante todo, la inferencia inductiva que permite al físico poner en correspondencia sus medidas y poner de manifiesto las relaciones generales bajo la forma de ecuaciones funcionales. Estas relaciones constituyen por lo tanto formas "aplicadas" a los contenidos y cuya elección está obligada por ellos, pero a nivel de verificación y sin carácter de necesidad. Por otra parte, una vez que las leyes están así establecidas, es posible, gracias a nuevas inferencias, coordinarlas en un sistema deductivo tal que las leyes particulares estén

insertas en otras más generales. En este caso, las formas están vinculadas por conexiones necesarias, independientemente de que permanezcan siempre en el estado de formas aplicadas y simplemente determinadas por sus contenidos. En cuanto a estos últimos, sus diversos grados de generalidad comprobada (pero *solamente* comprobada) permite la constitución de imbricaciones inclusivas, pero sin dar las razones intrínsecas y, por lo tanto, la explicación.

La causalidad comienza, por el contrario, cuando las transformaciones descritas hasta allí tan sólo como "hechos" pueden ser coordinadas en estructuras totales cuyas leyes de composición subordinan las imbricaciones a transformaciones operatorias, necesariamente solidarias en tanto sistemas cerrados cada uno de los cuales comporta su propia lógica (tal es el caso de la estructura de grupo). Hay, en este caso, pasaje de relaciones inclusivas a relaciones constructivas o, más precisamente, de una clasificación a un álgebra; y son las transformaciones propias de los modelos algebraicos así constituidos las que se tornan, por este mismo hecho, explicativas. Pero, como se puede ver, las relaciones entre formas y contenidos son modificadas; es el contenido mismo el que se convierte en base y fuente de conexiones necesarias, puesto que los objetos, relaciones y transformaciones de la realidad (es decir, de un contenido dado) no son ya simplemente interpretados por una traducción posible en las formas lógico-matemáticas del sujeto, sino que devienen los operadores de la estructura algebraica aceptada por esa realidad. Tal es la forma superior de la serie de interpretaciones que comienza con el "hecho", y podemos por consiguiente caracterizarla diciendo que en ese caso las operaciones en juego no son ya simplemente "aplicadas" a los objetos, sino que se les "atribuye" el ser interiores a la estructura algebraica del sistema real. Este sistema no es conocido por el sujeto más que a través de los modelos que él ha construido y que engloban las leyes establecidas, de tal suerte que las operaciones ahora atribuidas pueden ser en parte las mismas que aquellas que no consistían sino en aplicaciones: pero lo que es nuevo, y lo que define lo que es propio de la causalidad, es su integración en estructuras caracterizadas por la necesidad interna de sus composiciones.

Precisemos, además, que la explicación causal, es, a su vez, susceptible de grados y de aproximaciones sucesivas, tanto como la misma legalidad: una vez que se pone de manifiesto la transformación que explica el pasaje de A a B, se presenta la cuestión de saber por qué es así, y a un nuevo progreso del "cómo", sucederá un nuevo "por qué", etc. Resultan así estructuraciones intermediarias que algunos autores encuentran ya explicativas, mientras que otros sólo ven allí una legalidad más profunda. Un buen ejemplo de esta situación lo encontramos en los primeros modelos meteorológicos construidos por V. Neumann y J. Charney con ayuda de la primera computadora

electrónica. Ciertos especialistas no vieron en esos modelos más que un sistema de ecuaciones que describía el movimiento de la atmósfera y que no rebasaba el nivel de la legalidad, aun cuando permitiera cierto tipo de pronósticos. Para otros, por el contrario, las transformaciones en juego tenían carácter explicativo por el hecho de que involucraban una teoría hidrodinámica y termodinámica de la atmósfera. En nuestro lenguaje, esto equivale a decir que los primeros se centraron en la forma y no percibieron sino operaciones aplicadas, mientras que los segundos consideraron que el contenido mismo estaba involucrado y que por consiguiente se trataba de operaciones "atribuidas".

10. DESCUBRIMIENTO Y JUSTIFICACIÓN

El punto de vista que será desarrollado a lo largo de esta obra responde a una de las afirmaciones fundamentales de la epistemología genética: la naturaleza constructivista de nociones tales como validez, necesidad y justificación del conocimiento.

Tal afirmación se opone a lo que sostienen los autores que pertenecen a las escuelas positivistas y neopositivistas que han influido decisivamente en la filosofía de las ciencias, particularmente en el mundo anglosajón, durante la primera mitad del siglo XX. Quizá la expresión más característica de la posición neopositivista con respecto a esta cuestión se encuentra en la obra de Reichenbach. *Experience and prediction.*[13]

Reichenbach introduce una distinción radical entre lo que él llama "el contexto del descubrimiento" (*context of discovery*) y "el contexto de justificación" (*context of justification*). El primero se refiere al proceso de descubrimiento científico, a la manera en la cual un hombre de ciencia llega a concebir un nuevo concepto, construye una nueva teoría, o encuentra una nueva explicación para un fenómeno que hasta entonces no había sido explicado. El segundo, por el contrario, sólo se refiere a la forma de validar un concepto o una teoría científica o, dicho de otra manera, a su justificación racional, su legitimación en el interior de un conjunto de conocimientos aceptados.

El estudio del contexto del descubrimiento pertenece a la psicología y a la historia. Es, por consiguiente, según Reichenbach, ajeno a la filosofía de la ciencia, la cual debe tener en cuenta solamente el contexto de justificación.

A partir de esta distinción surge una consecuencia inmediata: para validar el conocimiento es necesario despojarlo de todas las connotaciones que haya podido adquirir en el proceso de descubrimiento. La

[13] H. Reichenbach, *Experience and prediction.*

justificación exige, por lo tanto, una verdadera reconstrucción del conocimiento, a fin de poner en evidencia su coherencia (desde el punto de vista de su lógica interna) y su confirmabilidad (desde el punto de vista de su adecuación a la realidad). El objetivo de la filosofía de la ciencia se convierte, así, en la reconstrucción racional del pensamiento científico.

Una de las objeciones inmediatas a tal posición consiste en mostrar que la teoría neopositivista no provee, en ninguna de sus formulaciones, una fundamentación para sus propias afirmaciones, un método que garantice su validez. Sin embargo, las principales dificultades para aceptar la posición neopositivista no se encuentran ahí.

Toda teoría que introduce una dicotomía entre procesos constructivos y métodos de validación, en la elaboración de teorías científicas, hace referencia explícita o implícitamente al sujeto cognoscente, atribuyéndole un papel particular a lo largo del proceso. Esto es cierto, por otra parte, con respecto a toda la epistemología. Cuál es el papel que corresponde al sujeto en el proceso de adquisición de conocimientos es lo que no suele estar claro.

Si se hace referencia, en dicho proceso, a un sujeto "natural", es necesario verificar si lo que de él se dice corresponde a la realidad. Aquí es suficiente con recordar la crítica dirigida a menudo contra las teorías empiristas del conocimiento; el papel atribuido por ellas al sujeto, en la adquisición del conocimiento, no ha sido jamás verificado empíricamente.

Si, por el contrario, se hace referencia a un sujeto "ideal", cuyas normas son concebidas y formuladas según otro tipo de especulación filosófica, se torna necesario mostrar cuáles son los criterios de validez utilizados para aceptar tales conclusiones epistemológicas, cuáles son las razones para remplazar un sujeto "natural" por un sujeto "ideal", y cuáles son las relaciones entre ambos. Es interesante notar a este respecto que el análisis comparativo de las teorías epistemológicas permite poner de manifiesto una gran variedad de características atribuidas al sujeto del conocimiento; características obviamente contradictorias entre sí.

La idea de los dos "contextos" propuesta por Reichenbach ha encontrado serios oponentes entre los filósofos de la ciencia. Kuhn es quizá uno de los más representativos: él ve en la historia de las teorías científicas un elemento esencial para rendir cuentas de su aceptabilidad y de su justificación. Nos referimos en detalle a la posición de Kuhn en el capítulo IX, "Ciencia, psicogénesis e ideología". Por el momento es suficiente con señalar que su posición se presta, en cierto sentido, a las mismas críticas. En efecto, Kuhn busca los fundamentos normativos utilizados por los "constructores" de las diferentes ramas del conocimiento en su desarrollo cognoscitivo espontáneo. Pero entonces es necesario decidir si se considera que los especialistas de las diversas disciplinas científicas son o no representantes auténticos

del sujeto "natural". En caso afirmativo no harán sino prolongar los mecanismos y las normas racionales de todo sujeto natural. En caso negativo, los hombres de ciencia constituirían una clase aparte, diferente de los sujetos "naturales"; sus actividades cognoscitivas obedecerían a normas epistemológicas que no son las del pensamiento no científico.

Aquellos que admiten que un hombre de ciencia utiliza y aplica normas precisas en todas y cada una de las etapas de su trabajo (descubrimiento, invención, verificación, explicación), para todo lo que efectivamente realiza, difícilmente pueden proveer indicaciones precisas sobre lo que son dichas normas. Los hombres de ciencia son sólo parcialmente conscientes de lo que hacen. Dejando de lado aquellos que han estudiado específicamente los fundamentos teóricos de su disciplina, se puede comprobar que los hombres de ciencia más originales son susceptibles de sostener ideas incompletas, y aun falsas en cuanto a las estructuras del pensamiento. Un buen número de físicos, positivistas ortodoxos, han efectuado sus descubrimientos por procedimientos que se corresponden con las afirmaciones positivistas más fundamentales.

La historia presenta clara evidencia de la utilización de estructuras por parte de los científicos, sin que éstos hayan tomado conciencia de las mismas. Para citar un solo ejemplo, ya clásico: Aristóteles utilizó la lógica de las relaciones de manera muy clara y precisa en su propio discurso, ignorándola por completo en la construcción de su lógica. Hay, por consiguiente, un largo camino por recorrer entre la utilización espontánea o el empleo inconsciente de estructuras, y la toma de conciencia de tal utilización. De aquí que una primera dificultad —a veces muy difícil de superar— sea poder determinar las normas efectivamente utilizadas por el sujeto, y a esto no escapa el hombre de ciencia: es necesario, pues, aprehender las operaciones efectivas que están en obra en sus acciones, aun cuando su toma de conciencia no se refiera sino a fragmentos, a veces deformados, mal registrados e incompletos.

La consideración de la evolución de las teorías científicas en un marco como el de Kuhn debe enfrentar también otra dificultad: todo conocimiento, por nuevo que parezca, no es jamás un "hecho primigenio", totalmente independiente de los que lo han precedido. Se llega a un nuevo conocimiento por reorganizaciones, ajustes, correcciones, adjunciones. Aun cuando se trate de hechos experimentales desconocidos hasta el momento de su descubrimiento, no se integran sin más al acervo cognoscitivo del sujeto: hace falta un esfuerzo de asimilación y de acomodación que condiciona la coherencia interna del propio sujeto, sin lo cual éste no se entendería ya a sí mismo.

Las estructuras cognoscitivas, en tanto constituyen una organización de los conocimientos, son comparables a organismos cuyo estado

actual es función no sólo del medio actual, sino también de toda la historia ontogenética y filogenética. Esto no excluye el carácter normativo que tales estructuras pueden tener para el sujeto. Pero es necesario precisar que, en el caso de procesos cognoscitivos, se agrega otra determinación, la transmisión cultural. Dicho de otra manera, el conocimiento no es nunca un estado, sino un proceso influido por las etapas precedentes de desarrollo. De aquí surge la necesidad del análisis histórico crítico.

En esta obra vamos a sostener —y a intentar demostrar— que los únicos factores realmente omnipresentes en los desarrollos cognoscitivos —tanto en la historia de las ciencias como en la psicogénesis— son de naturaleza funcional y no estructural. Dichos factores están vinculados con la asimilación de lo que es nuevo a las estructuras precedentes, y con la acomodación de estas últimas a las nuevas adquisiciones realizadas.

Es necesario destacar, sin embargo, que los contenidos y los "órganos" de estructuración de estas funciones universales cambian continuamente, de tal manera que ellas devienen parte integrante de los constituyentes del desarrollo histórico. En otros términos, la transformación continua de los conocimientos procede por reorganización y reequilibración, paso a paso, sin preformación; la necesidad intrínseca de las estructuras constituye el producto de conquistas sucesivas.

Si nuestra posición es correcta, debemos convenir en que el conocimiento científico no es una categoría nueva, fundamentalmente diferente y heterogénea con respecto a las normas del pensamiento precientífico y a los mecanismos inherentes a las conductas instrumentales propias de la inteligencia práctica. Las normas científicas se sitúan en la prolongación de las normas de pensamiento y de práctica anteriores, pero incorporando dos exigencias nuevas: la coherencia interna (del sistema total) y la verificación experimental (para las ciencias no deductivas).

II. OBJETIVO DE ESTA OBRA

En un caso particular, que corresponde a la evolución de la física entre Aristóteles y las últimas etapas de la física prenewtoniana, nos ha sido posible establecer una correspondencia realmente estrecha entre las fases históricas (los dos motores aristotélicos, el recurso a un solo motor externo, el descubrimiento del *impetus* y el de la aceleración) y las etapas de la psicogénesis. En particular, hemos observado una sorprendente analogía entre los conceptos de Buridan y de Oresmes, y la construcción y generalización que hace un niño, hacia los 7 u 8 años, de la idea de *élan*. En un caso como ése, el paralelismo entre la evolución de las nociones en el curso de la historia y en el seno

del desarrollo psicogenético se refiere al contenido mismo de las nociones sucesivas, lo que es comprensible puesto que se trata de conceptos que son en cierta manera precientíficos. Pero sería absurdo buscar una generalización de dicho paralelismo de contenidos en el caso de las teorías propiamente científicas, como aquellas que forman parte de la evolución de la mecánica, desde Newton a la relatividad y a la mecánica cuántica. La parte esencial de nuestra investigación no estará referida, por consiguiente, al contenido de las nociones sino a los instrumentos y mecanismos comunes en su construcción. ¿Qué debemos entender, entonces, por "instrumentos y mecanismos comunes"? Es lo que nos resta por precisar en esta introducción.

El más general de todos ellos corresponde a la naturaleza de los razonamientos que, en todos los niveles de la psicogénesis así como de la historia de las ciencias, involucra, por una parte, "abstracciones reflexivas" (a las cuales ya nos hemos referido) tanto como "abstracciones empíricas" (con alternancias de ambas formas, en el caso de la física, y predominio exclusivo de la primera de ellas, en el terreno matemático), y, por la otra, generalizaciones tanto extensionales como constructivas.

Un segundo carácter general es que en ningún caso de elaboración cognoscitiva el sujeto recurre a experiencias puras, puesto que, como ya hemos visto, todo "observable" es siempre interpretado, y todo "hecho" implica necesariamente una interacción entre el sujeto y los objetos considerados. Resulta de aquí que, en todos los dominios, el conocimiento, ya sea correcto o erróneo, involucra un aspecto inferencial. En todos los sectores del conocimiento, aun en la zoología y la botánica simplemente "sistemáticas" (es decir, descriptivas) el aporte del sujeto es indiscutible puesto que la forma misma de las clasificaciones corresponde a la estructura de un "agrupamiento" o semilátice. La estructura de agrupamientos es construida por el niño a partir de los 7 u 8 años, pero naturalmente con un número restringido de elementos, mientras que en biología sistemática el número es ilimitado.

Estos instrumentos y mecanismos comunes llevan a una tercera variedad que actúa desde en las construcciones sensorio-motrices hasta en las formas superiores del pensamiento científico: es el doble proceso de diferenciaciones e integraciones que atestigua todo progreso cognoscitivo, y cuyos dos aspectos se tornan, tarde o temprano, solidarios.

En cuarto lugar, está claro que en todas las escalas del saber, desde el "saber hacer" sensorio-motriz hasta las teorías más elevadas, hay siempre una búsqueda de las "razones" tanto de los éxitos como de los fracasos, de tal manera que las razones vienen en todos los casos a vincular los resultados obtenidos con las "estructuras" o con las coordinaciones de esquemas. Por ejemplo, de los 9 a los 12 meses, los sujetos descubren la permanencia de los objetos que les han sido ocultados, y vinculan

la razón de esa permanencia a lo que Poincaré llamaba ya un "grupo" (en realidad, un grupo práctico) de desplazamientos.[11]

En quinto lugar, es interesante comprobar, como lo haremos sin cesar, que en el curso de la historia del pensamiento científico los progresos logrados de una etapa a la siguiente no se suceden, salvo raras excepciones, de cualquier manera, sino que pueden ser seriados como en el curso de la psicogénesis, bajo la forma de "estadios" secuenciales, de los cuales trataremos de caracterizar los más importantes en cada dominio. Por ejemplo, en el caso de ese período fundamental del álgebra que culmina con los "grupos" de Galois y sigue con aplicaciones posteriores de dicho concepto, se asiste a una sucesión de construcciones que no se encadenan al azar, sino que cada una se ha hecho posible por las precedentes, y prepara las siguientes. Situaciones análogas encontramos en el desarrollo de la geometría. La búsqueda de tales leyes de sucesión constituirá uno de los aspectos esenciales de nuestro ensayo, pero es aquí donde conviene precisar cuidadosamente los objetivos que perseguimos al comparar tales encadenamientos con los que se observan en el terreno de la psicogénesis: este objetivo no es, en modo alguno, poner en correspondencia las sucesiones de naturaleza histórica con aquellas que revelan los análisis psicogenéticos, destacando los contenidos. Se trata, por el contrario, de un objetivo enteramente diferente: mostrar que los mecanismos de pasaje de un período histórico al siguiente son análogos a los del pasaje de un estadio psicogenético al estadio siguiente.

Ahora bien, estos "mecanismos de pasaje" que constituyen, pues, el objetivo central de nuestra obra presentan por lo menos dos caracteres comunes a la historia de la ciencia y a la psicogénesis: uno acerca del cual hemos insistido muchas veces, pero otro que nos parece nuevo. El primero de estos mecanismos está constituido por un proceso general que caracteriza todo progreso cognoscitivo: consiste en que, cada vez que hay un rebasamiento, lo que fue rebasado está de alguna manera integrado en el rebasante (lo cual está lejos de ser el caso fuera de los rebasamientos cognoscitivos, ni aun en biología). El segundo mecanismo de pasaje, que hasta ahora no había sido estudiado pero que constituye el tema central de esta obra, es un proceso que nos parece también de naturaleza completamente general: es el proceso que conduce de lo intra-objetal (o análisis de los objetos), a lo inter-objetal (o estudio de las relaciones y transformaciones) y de allí a lo trans-objetal (o construcción de las estructuras). El hecho de que esta tríada dialéctica se reencuentre en todos los dominios y en todos los niveles, nos parece la principal adquisición a la cual alcanzamos con nuestro esfuerzo comparativo. En efecto, la generalidad

[11] J. Piaget, *La construction du réel chez l'enfant*. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, 1937

de esta tríada *intra*, *inter* y *trans*, y el hecho de que se la encuentre tanto en el seno de las sucesiones globales como en las subetapas que las integran, constituye sin duda el mejor argumento en favor de una epistemología constructivista. El empirismo podría, en rigor, dar cuenta del pasaje del *intra* al *inter*, puesto que se trataría en ese caso de sustituir los predicados iniciales por relaciones (y las relaciones podrían ser sugeridas por simples verificaciones). Pero el pasaje del *inter* al *trans* implica rebasamientos con todo lo que ello involucra en términos de construcciones necesarias. En cuanto al apriorismo, si bien podría llegar a justificar el *trans*, considerado en tal caso como preformado, no podría explicar por qué los rebasamientos en el seno de las transformaciones deben de estar preparados por etapas de tipo *intra* e *inter*. La sucesión obligada de los *intra* a los *inter*, y solamente de allí a los *trans*, muestra así, con toda evidencia, el carácter constructivista y dialéctico de las actividades cognoscitivas, y constituye, a nuestro juicio, una justificación de un alcance no despreciable.

CAPÍTULO I

DE ARISTÓTELES A LA MECÁNICA DEL IMPETUS

En este primer capítulo, cuyo tema es de carácter histórico, el objetivo fundamental de nuestra exposición difiere en varios respectos de los que orientarán nuestro trabajo en los capítulos siguientes. En estos últimos, el contenido mismo de los temas cuya evolución histórica vamos a desarrollar corresponde, salvo algunas pocas excepciones, a niveles de abstracción que están muy por encima de los niveles que estudia la psicología genética. Nuestra exploración se orientará, como hemos explicado ya en la introducción, hacia la detección de los mecanismos que entran en juego cada vez que se produce el pasaje de una etapa a otra en la evolución de los conceptos y de las teorías, dentro de cada una de las ramas de la ciencia que hemos elegido para ilustrar y "verificar" las hipótesis de base que nos condujeron a concebir esta obra. En cierta manera, partiremos, en cada caso, de una ciencia (o, más específicamente, de una rama de la ciencia) ya constituida, aunque sea aún rudimentaria, y nuestro propósito, en lo que concierne al análisis histórico, será analizar sus éxitos, sus fracasos, sus crisis y sus superaciones, destacando los mecanismos que conducen a estas últimas. En el presente capítulo, por el contrario, nos encontraremos con un tema cuyo desarrollo se mantiene, hasta el comienzo de la Edad Moderna, suficientemente próximo al pensamiento precientífico del niño o del adolescente, cuando éstos intentan explicar los mismos fenómenos, como para que podamos poner en evidencia un notable paralelismo en el contenido mismo de las nociones que entran en juego en uno y otro caso.

La razón por la cual esta "puesta en correspondencia" de contenidos es posible con respecto al tema de este capítulo y no lo será en el próximo, por ejemplo, constituye de por sí un problema epistemológico cuya explicación dejaremos para las "conclusiones", pero cuya naturaleza debemos señalar ahora. Tanto el presente capítulo como el próximo, referente a la evolución de la geometría, partirán de los griegos, no porque sean ellos los únicos pensadores dignos de ser mencionados en la Antigüedad, sino porque es posible establecer una continuidad histórica, suficientemente bien documentada, entre ellos y la ciencia moderna y contemporánea. Sin embargo, el proceso histórico en uno y otro caso es diferente. En el caso de la geometría, la ciencia griega presenta ya (con Euclides, Arquímides, Apolonio) una riqueza de contenido y una estructura teórica que habrá de

implican su propia necesidad interna. De aquí sigue un segundo grupo de efectos: la relación "trans-factual" que liga una interpretación o "teoría" *Tn* a la siguiente *Tn* + 1, resulta explicativa en la medida en que las operaciones del sujeto son atribuidas a los objetos. El proceso de esta atribución consiste en introducir la necesidad en sus relaciones factuales y no sólo en las relaciones implicativas entre una ley más general y las que ella engloba.

Si este análisis es exacto, no resultará carente de significación el comparar entre sí los mecanismos de transición entre las sucesivas interpretaciones físicas, ya sea que se trate de los niveles elementales de la psicogénesis o bien de los modelos o teorías de niveles superiores.

CAPÍTULO IX

CIENCIA, PSICOGÉNESIS E IDEOLOGÍA

En los capítulos precedentes hemos intentado mostrar en qué consiste la identidad de mecanismos entre los desarrollos psicogenéticos, relativos a la evolución de la inteligencia en el niño, y los desarrollos sociogenéticos, relativos a la evolución de las ideas directrices, de las conceptualizaciones y de las teorías en algunos dominios de la ciencia.

Hasta aquí el problema estuvo centrado en el sujeto del conocimiento, es decir, en el individuo que asimila los elementos que le provee el mundo exterior. En ese proceso de asimilación, el sujeto selecciona, transforma, adapta e incorpora dichos elementos a sus propias estructuras cognoscitivas, para lo cual debe también construir, adaptar, reconstruir y transformar tales estructuras. Nuestro estudio ha consistido en describir ese proceso, mostrando cuáles son las leyes internas que rigen la interacción dialéctica entre los objetos que se incorporan al conocimiento y los instrumentos cognoscitivos que permiten tal incorporación. Pero el estudio quedaría inconcluso si no retomáramos el análisis desde otra perspectiva, centrándonos no ya en el individuo sino en los elementos que constituyen la referencia objetiva del conocimiento, es decir, en una centración sobre el objeto, en lugar de la centración anterior sobre el sujeto. En lo que sigue, nos proponemos mostrar que este cambio de centración es necesario para poder llegar a una síntesis totalizadora que sirva como esquema explicativo en la interpretación de la evolución del conocimiento tanto en la escala individual como en la escala social.

En la Introducción a esta obra se puso de manifiesto que la tesis empirista es insostenible, es decir, que no hay percepción o experiencia "pura". La "lectura de la experiencia supone una *aplicación* de instrumentos cognoscitivos —que hacen la lectura posible— así como una atribución de relaciones entre los objetos – que provee las cadenas causales entre eventos. El intermediario entre los objetos y los eventos, por una parte, y los instrumentos cognoscitivos, por la otra, es —como lo hemos visto repetidas veces— la acción. La manera en que la acción participa del proceso cognoscitivo, en la perspectiva que brinda la epistemología genética, le da a esta posición epistemológica un sentido preciso que converge con la línea de pensamiento ya clásico en la filosofía dialéctica, pero que le otorga al mismo tiempo una identidad propia dentro de ella, en la medida en que la "práctica" es analizada en términos de las acciones que la constituyen y que aparecen como factores esenciales en el punto de partida del proceso cognoscitivo.

Pero la acción, excepto en el comienzo mismo del período sensorio-motriz, no tiene lugar solamente en función de impulsos internos; no se genera de manera exclusivamente centrípeta. Bien pronto, en la experiencia del niño, las situaciones con las cuales se enfrenta son generadas por su entorno social, y las cosas aparecen en contextos que les otorgan significaciones especiales. No se asimilan objetos "puros". Se asimilan situaciones en las cuales los objetos desempeñan ciertos papeles y no otros. Cuando el sistema de comunicación del niño con su entorno social se hace más complejo y más rico, y particularmente cuando el lenguaje se convierte en medio dominante, lo que podríamos llamar la experiencia directa de los objetos comienza a quedar subordinada, en ciertas situaciones, al sistema de significaciones que le otorga el medio social. El problema que aquí surge para la epistemología genética es explicar cómo queda la asimilación, en dichos casos, condicionada por tal sistema social de significaciones y en qué medida la interpretación de cada experiencia particular depende de ellas.

La historia de la ciencia nos ofrece, sin duda, el ejemplo más claro de un predominio de la influencia del medio social en el proceso cognoscitivo. Comenzaremos por ella, antes de replantear el problema en el nivel del desarrollo intelectual del niño, terreno en el cual, dada la insuficiencia de datos experimentales y de documentación histórica, el análisis debe permanecer en un nivel más especulativo.

Cuando analizamos la naturaleza de la revolución científica del siglo XVII, en el capítulo X, pusimos de manifiesto que el aporte fundamental de quienes la llevaron a cabo no consistió en un refinamiento metodológico ni en un progreso considerable en los instrumentos de observación, sino en una reformulación de los problemas que eran objeto de estudio científico. La revolución en la mecánica no se produjo por el hallazgo de nuevas respuestas a las preguntas clásicas sobre el movimiento, sino por el hallazgo de nuevas preguntas que permitieron formular los problemas de manera distinta. Las nuevas formulaciones permitieron, a su vez, un tratamiento matemático del problema y la concepción de situaciones experimentales en las cuales las soluciones eran verificables o refutables. Es desde esta perspectiva que nosotros caracterizamos la revolución científica como un cambio de "marco epistémico". Este concepto de marco epistémico, que introducimos así, es diferente de lo que Thomas Kuhn entiende por "paradigma". Recordemos brevemente el punto de vista de Kuhn[1] antes de desarrollar nuestra propia concepción. Más adelante volveremos más en detalle sobre la teoría de Kuhn y sobre los debates a los que ha dado lugar. De esta manera podremos situar más claramente las diferencias entre ambas perspectivas.

[1] Thomas S. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, México, FCE, 1971

Kuhn desarrolló una teoría de las revoluciones científicas según la cual cada época aparecía caracterizada por lo que él llama un "paradigma", es decir, una concepción particular que establece cuál es el tipo de ideal científico, de modelo a seguir en la investigación científica. Los criterios por los cuales una investigación es considerada como científicamente aceptable, los criterios que determinan las líneas de investigación quedan, según Kuhn, determinados en gran medida por el paradigma dominante en ese lugar y momento histórico. Nosotros estamos básicamente de acuerdo con Kuhn y desde cierto punto de vista nuestro concepto de "marco epistémico" engloba el paradigma kuhniano. Sin embargo, el concepto introducido por Kuhn está más ligado a la sociología del conocimiento que a la epistemología misma, a la cual pertenece nuestro concepto de marco epistémico.

El aparato conceptual y el conjunto de las teorías que constituyen la ciencia aceptada en un momento histórico dado son factores que determinan de manera predominante las direcciones de la investigación científica. Estas últimas resultan, en general, de un consenso de la comunidad científica, que en la mayor parte de los casos permanece implícito. Ciertas líneas de investigación se destacan, otras encuentran poco o ningún apoyo. Algunos temas pasan a estar de "moda" y se hipertrofian en detrimento de otros. Todo esto ocurre, en general, dentro de un mismo marco epistémico, pero puede llegar a cambiarlo cuando la profundización de un tema lleva a descubrimientos que permiten, ya sea la adquisición de instrumentos para abordar problemas hasta entonces inaccesibles, o bien la formulación de nuevas preguntas que modifican la perspectiva desde la cual se conduce la investigación.

Desde este punto de vista, resulta claro que la concentración de esfuerzos en el estudio de ciertos tipos de fenómenos, en ciertos problemas particulares o con el auxilio de determinados equipos y métodos de observación, desempeña un papel predominante en la dirección que adquiere el desarrollo de las teorías científicas. A su vez, esta concentración de esfuerzos responde a diversos factores. Algunos son de inspiración puramente científica, como por ejemplo la necesidad de remover contradicciones en una teoría que ha demostrado ser aplicable a diversos dominios, o la búsqueda de explicación a fenómenos que desafían las teorías conocidas. En otros casos la presión o el estímulo provienen de sectores sociales que reclaman soluciones a problemas de carácter práctico. Tal es el caso de la tecnología aplicada a la industria, cuyo desarrollo ha dado lugar a descubrimientos fundamentales que abrieron nuevos campos a la investigación científica. La tecnología militar ha sido quizá, en todas las épocas, el ejemplo más característico. Para citar un ejemplo clásico: buena parte de la mecánica fue desarrollada a impulsos de los requerimientos de la artillería. La mecánica de Euler es un caso típico. Por otra parte, es

razonable suponer que la física nuclear no hubiera logrado algunos de sus avances más espectaculares sin el estímulo y los poderosos medios puestos a su disposición por los gobiernos interesados en la utilización de la energía nuclear para la guerra. Es fácilmente concebible que si los estímulos hubieran sido diferentes, otros campos de la ciencia pudieran haber recibido mayor atención por parte de un gran número de los mejores cerebros de nuestro tiempo; otros descubrimientos hubieran tenido lugar, otras teorías científicas hubieran surgido para dar cuenta de ellos. Un gran sector del conocimiento científico se va pues expandiendo no de manera estrictamente racional, en respuesta a una problemática interna, sino de manera un tanto arbitraria y por un conjunto de impulsos orientados por requerimientos externos impuestos por la sociedad.

Está claro que el proceso no es unidireccional. No puede olvidarse que las ideas básicas sobre la energía nuclear fueron generadas en la investigación científica pura, y que fueron hombres de ciencia —algunos de los más brillantes físicos de la historia— quienes estimularon el interés militar en la nueva forma de energía.

También, y con cierta frecuencia, el punto de partida de un avance espectacular en una rama de la ciencia ha provenido de un descubrimiento al azar, o de avances logrados en otras ramas. Se encuentran ejemplos clásicos de esto último en numerosos casos de desarrollos en la matemática que han permitido el tratamiento de problemas físicos hasta entonces inaccesibles a la teoría. Nuevos temas, o nuevos campos de investigación, pueden pasar a dominar el interés general y engendrar incluso nuevos paradigmas.

No es necesario extenderse más en este tipo de consideraciones, ampliamente analizadas en una vasta literatura. Nuestro propósito al hacer estas referencias es servirnos de ellas para establecer algunas distinciones que juzgamos esenciales en el análisis de las interacciones entre ciencia y sociedad, a fin de identificar aquellos elementos que inciden sobre el desarrollo de los sistemas cognoscitivos, tanto a nivel psicogenético como histórico.

Una primera distinción que debemos hacer en las consideraciones precedentes consiste en diferenciar entre el estímulo o el rechazo de ciertos temas como dignos de apoyo, y la aceptación o la negación de ciertos esquemas conceptuales como válidos. Que se haya decidido invertir tanto esfuerzo en la energía nuclear y no se haya hecho lo mismo con el problema de la conversión de la energía solar es una decisión en favor de ciertos temas en virtud de sus aplicaciones prácticas, y no por razones vinculadas a una concepción particular de naturaleza epistemológica. Que este favoritismo de temas haya impulsado la ciencia en determinada dirección, y que la elección de una dirección diferente hubiera producido desarrollos que hubiesen podido modificar el panorama actual de la teoría física, es una cuestión que aparece sólo como un subproducto de aquella *decisión práctica*, y no inspirado por razones epistémicas, aun cuando pueda tener profundas consecuencias para el desarrollo del conocimiento científico.

Una cuestión muy diferente es la aceptación o el rechazo de conceptos, ideas o temas a los cuales se les niega en un momento histórico dado el carácter de "científicos" por estar fuera del aparato conceptual que la comunidad científica, por consenso explícito o tácito, considera como el único válido. La mecánica de Newton tardó más de treinta años en ser aceptada en Francia. No se le objetaba ningún error de cálculo, ni se aducía ningún resultado experimental que contradijera sus afirmaciones. Simplemente, no se la aceptaba como "Física", por cuanto no daba *explicaciones físicas* de los fenómenos. Era el concepto mismo de explicación física lo que estaba en tela de juicio. Por esta razón, no es un hecho casual (ni mucho menos trivial) que haya sido un escritor con inclinaciones filosóficas —Voltaire— quien desempeñó el papel principal en la introducción de las ideas newtonianas en "el continente". Algunas décadas después, las "explicaciones" *a la Newton* no sólo eran universalmente aceptadas, sino que pasaron a ser el modelo mismo de la explicación científica. En el siglo XIX una mentalidad científica del calibre de Helmholtz dirá que para él ninguna explicación de un fenómeno físico es suficientemente clara hasta que no pueda ser expresada en términos de la mecánica newtoniana.

De aquí surgió el *mecanicismo* como paradigma científico indiscutible. Las corrientes *reduccionistas* que surgen en todos los campos de la ciencia (en especial en la química y en la biología, pero también en las ciencias del hombre) son el resultado de la imposición de dicho paradigma y habrán de determinar las características del pensamiento científico hasta nuestro siglo.

Todo esto es ya un lugar común para todos aquellos que se han preocupado por analizar la influencia que han tenido en los investigadores las concepciones o "creencias" aceptadas en cada momento histórico. Sin embargo, el problema relativo a los *mecanismos* de acción de dichas concepciones o creencias de un cierto grupo social (en este caso la comunidad científica) sobre el desarrollo cognoscitivo de un *individuo*, no aparece dilucidado en Kuhn ni en ninguno de los autores que se han ocupado de la ideología en la ciencia. Por el contrario, éste es el tema central que nos preocupa en este capítulo, ya que es el punto preciso de pasaje de la sociología del conocimiento a la sociogénesis del conocimiento.

Un primer punto a tomar en cuenta, elemental pero importante, es que el tipo de paradigma al que hemos hecho referencia no se "impone" a partir de normas socialmente establecidas, como es el caso de la selección de temas de investigación, sino que constituye la manera natural

de considerar la ciencia en un período dado por cada individuo que se aboca a ella, sin imposición externa *explícita*. Es una concepción que ha pasado a ser parte inherente del saber aceptado y que se transmite con él, tan naturalmente como se transmite el lenguaje hablado o escrito de una generación a la siguiente. De aquí que propongamos designar este tipo de paradigma como "paradigma epistémico" por oposición al "paradigma social" descrito anteriormente.

¿Cuál es el mecanismo por el cual actúa un paradigma epistémico? La respuesta a esta pregunta exige una profundización del planteo que hemos hecho al comienzo del capítulo. Nuestra tesis (por el momento restringida al sujeto adulto) será la siguiente: Como hemos señalado, un sujeto enfrenta el mundo de la experiencia con un arsenal de instrumentos cognoscitivos que le permiten asimilar, y por consiguiente interpretar, los datos que recibe de los objetos circundantes, pero también asimilar la información que le es transmitida por la sociedad en la cual está inmerso. Esta última información se refiere a objetos y a situaciones ya interpretadas por dicha sociedad. A partir de la adolescencia, cuando se han desarrollado las estructuras lógicas fundamentales que habrán de constituir los instrumentos básicos de su desarrollo cognoscitivo posterior, el sujeto dispone ya, además de dichos instrumentos, de una concepción del mundo (*Weltanschauung*) que condiciona la asimilación ulterior de cualquier experiencia. Esta concepción del mundo actúa a diferentes niveles y de diferente manera en cada nivel, como trataremos de demostrar en lo que sigue. Pero a fin de aclarar nuestra tesis, expondremos primero un ejemplo histórico que consideramos profundamente significativo.

Es un hecho bien conocido hoy que contemporáneamente con la época de esplendor de la civilización griega, la ciencia china adquirió un desarrollo extraordinario. La obra monumental de J. Needham, *Ciencia y civilización en China*, es, a este respecto, una fuente documental inestimable. Una comparación entre las características de la ciencia griega y la ciencia china arroja mucha luz sobre el tema del presente capítulo. Hemos visto en el capítulo V que Aristóteles —y toda la mecánica desde él hasta Galileo— no sólo no llegó a formular el principio de inercia, sino que rechazó como absurda toda idea de movimiento permanente no ocasionado por la acción constante de una fuerza. Por el contrario, cinco siglos a.C. encontramos la siguiente afirmación de un pensador chino: "La cesación del movimiento se debe a una fuerza opuesta. Si no hay fuerza opuesta, el movimiento nunca se detendrá." Debían pasar más de dos mil años antes que la ciencia occidental llegara a esta concepción. Más sorprendente aún es el hecho de que el enunciado arriba citado no fuera considerado como un descubrimiento extraordinario, sino como un hecho natural y evidente. La frase que sigue a la cita que hemos hecho dice, en el texto chino: "Esto es tan cierto como que una vaca no es un caballo."

¿A qué se debe que una afirmación que era absurda para los griegos fuera una verdad clara y evidente para los chinos? Aquí encontramos, a nuestro juicio, una de las raíces de la relación entre ciencia e ideología. Más aún, creemos que la respuesta a esta pregunta ilumina uno de los mecanismos epistemológicos por el cual la ideología de una sociedad determinada condiciona el tipo de ciencia que en ella se desarrolla.

La concepción aristotélica del mundo era completamente estática. El "estado natural" de los objetos del mundo físico era, para ellos, el reposo. Todo movimiento (excepto el movimiento eterno de los astros sobre los que actúa un impulso divino) era considerado una "violencia" ejercida sobre un objeto. El movimiento, por consiguiente, requería una fuerza. Cuando cesaba la fuerza, el objeto volvía a su estado natural de reposo. Es fácil ver por qué, dentro de esta concepción, el principio de inercia resultaba *inconcebible*.

Para los chinos, por el contrario, el mundo estaba en constante devenir. El movimiento, el flujo continuo, era el estado natural de todas las cosas que hay en el universo. El movimiento no necesita, por consiguiente, ser explicado. Sólo el cambio de movimiento, y en particular el reposo, necesitan ser explicados. La fuerza interviene para modificar o para detener. Si sobre un objeto no se ejerce ninguna fuerza, continúa su movimiento imperturbable. Quizá la fundamentación filosófico-religiosa de esta idea se encuentra en la afirmación de Yang Hsing (año 20 a.C.): "Toutes les choses sont engendrés par des impulsions intrinsèques, ce n'est que son affaiblissement et sa décadence qui procedent partiellement du debors." ["Todas las cosas son engendradas por impulsiones intrínsecas; sólo su debilitamiento y su decadencia provienen parcialmente de afuera."]

Difícilmente pueda encontrarse un ejemplo más claro de cómo dos concepciones del mundo (*Weltanschauungen*) diferentes conducen a *explicaciones físicas* diferentes. La diferencia entre un sistema explicativo y otro no era metodológica ni de concepción de la ciencia. Era una diferencia ideológica que se traduce por un marco epistémico diferente. De aquí surge también, claramente, que lo "absurdo" y lo "evidente" es siempre relativo a un cierto marco epistémico y está en buena parte determinado por la ideología dominante. No puede explicarse de otra manera el destino del principio de inercia en el mundo occidental: absurdo para los griegos; descubrimiento de una verdad inherente al mundo físico para el siglo XVII; evidente y casi trivial para el siglo XIX (hasta el punto que un estudiante que no "viera" que el principio es evidente sería considerado como seriamente deficiente); ni absurdo, ni obvio, ni verdadero, ni falso para el siglo XX, cuando es aceptado solamente en virtud de la función que cumple en la teoría física.

El estatismo de los griegos fue uno de los mayores obstáculos (aun-

que no el único que introdujeron) para el desarrollo de la ciencia occidental. Fue un obstáculo ideológico, no científico. La ruptura definitiva con el pensamiento aristotélico en los siglos XVI y XVII será, pues, una ruptura ideológica, que conducirá a la introducción de un marco epistémico diferente y finalmente a la imposición de un nuevo *paradigma epistémico*.

Nuestra interpretación tiene, sin duda, relación directa con la posición de Gaston Bachelard, quien ha sido el primero en señalar la importancia de lo que él llama "obstáculo epistemológico" y "ruptura epistemológica" en el desarrollo de la ciencia. Ya nos hemos referido a este tema en el capítulo VII y hemos puesto de manifiesto la coincidencia de las dos posiciones, aunque también hemos señalado algunas diferencias profundas sobre las cuales es necesario volver ahora con más detalle.

En efecto, G. Bachelard considera una "ruptura" total entre las concepciones precientíficas y científicas, al mismo tiempo que identifica como el mayor "obstáculo epistemológico" el irracionalismo precientífico. Nosotros creemos, por una parte, que hay una mayor continuidad entre el pensamiento precientífico y el científico, en tanto los mecanismos en juego en el proceso cognoscitivo son los mismos; y, por otra, consideramos que hay un cierto tipo de "ruptura" *cada vez* que se pasa de un estadio al otro, tanto en la ciencia como en la psicogénesis. Podemos aceptar sin dificultad que se trata de una ruptura, pero en el sentido de un cambio de marco epistémico.

Para nosotros, en cada momento histórico y en cada sociedad, predomina un cierto marco epistémico, producto de paradigmas sociales y epistémicos. Una vez constituido un cierto marco epistémico, resulta indiscernible la contribución que proviene de la componente social o de la componente intrínseca al sistema cognoscitivo. Así constituido, el marco epistémico pasa a actuar como una ideología que condiciona el desarrollo ulterior de la ciencia. Dicha ideología funciona como obstáculo epistemológico que no permite desarrollo alguno fuera del marco conceptual aceptado. Sólo en los momentos de crisis, de revoluciones científicas, hay una ruptura de la ideología científica dominante y se pasa a un estadio diferente con un nuevo marco epistémico.

Hasta aquí hemos considerado un solo ejemplo de influencia ideológica en las concepciones científicas. Consideraremos otros que muestran otra forma de relación. Una vez más, la comparación entre los chinos y los griegos de la época clásica resultará ilustrativa.

La escuela de los sofistas griegos es bien conocida, aunque ha sido considerada muchas veces como una curiosidad histórica, como uno de los muchos hechos sorprendentes producidos por el "milagro" griego, sin parangón con otros pueblos de la Antigüedad. No es, sin embargo, una simple casualidad que en otras dos grandes civiliza-

ciones de la Antigüedad, la china y la hindú, haya habido períodos similares. Es Ignace Kuo Pao Koh en su tesis *Deux sophistes chinois: Houei Che Hui Shih y Kong-Souen Long* [Presses Universitaires de France, París, 1953] quien señaló que las condiciones político-sociales en la época de la aparición de los sofistas chinos son similares a las que se encuentran en India y en Grecia en la época de sus respectivas escuelas de sofistas. En los tres casos se trata de un período de culminación de la propia civilización, seguido de desastres militares y políticos para los grupos gobernantes, que condujeron a la decadencia de las instituciones tradicionales. En China, este período corresponde a la descomposición del régimen feudal y a la liquidación de su tipo de organización social. Aquí se encuentra, según Fung-Yu-Lan, el origen del racionalismo chino, su interés por la argumentación lógica y la aparición de la Escuela Dialéctica, en cuya culminación surge la escuela de sofistas. En su *History of Chinese philosophy*,[2] Fung-Yu-Lan, caracteriza este período como sigue: "Se trata de una época de transición durante la cual las instituciones del pasado habían perdido su autoridad, y las de la nueva época no habían aún recibido su formulación definitiva. Era, pues, inevitablemente un período de incertidumbre y de divergencias." El período griego posterior a las guerras Médicas presenta las mismas características, así como la época en la cual florece en la India la escuela negativista del budismo (Nagarjuna, Aryadeva).

En los tres ejemplos, la derrota de un orden histórico y su remplazo por otro, el derrumbe de instituciones y la ruptura de la "tradición", llevan a poner en duda todo aquello que había constituido la base de la sociedad, incluyendo sus creencias y su "saber". "Nada puede afirmarse"; "Toda verdad es contradictoria", se repetirá en uno y otro caso. El *çunya* de los hidúes (la nada, el vacío) proviene de aquí. La realidad es *çunya*, pero aun la afirmación de *çunya* es contradictoria, y también habrá que negarla. La realidad es, pues, *çunya çunyata* (el vacío del vacío). Y así sucesivamente. Los griegos demostrarán que el movimiento es imposible, que la flecha lanzada al espacio está inmóvil, que Aquiles nunca alcanzará a la tortuga. Los chinos demostrarán que "un caballo blanco no es un caballo". Los hindúes demostrarán que nada puede "ser", ni "no ser", ni "ser y no ser", ni "ni ser, ni no ser".

En los tres casos, se niega el "saber constituido". En los tres casos, esta negación, erigida en ideología, fuerza el análisis lógico del saber constituido hasta sus últimas consecuencias.

Aquí tenemos una forma diferente de influencia ideológica, más directamente inspirada en hechos políticos y sociales que en el caso

[2] Fung-Yu-Lan, *A history of Chinese philosophy*, Princeton, Princeton University Press, 1953.

anterior, donde predominaba un *Weltanschauung* de naturaleza filosófico-religiosa. Dejamos abierta la cuestión, que escapa a los límites de esta obra, acerca del origen de esta *Weltanschauung* (que también —podría argüirse— habría sido generada por una ideología que, en última instancia, será de todos modos siempre de carácter político-social).

Los ejemplos que hemos tomado de la Antigüedad – tanto respecto al principio de inercia como a las escuelas de sofistas – han sido elegidos porque en uno y otro caso se trata de ejemplos más o menos puros, es decir, de situaciones donde el contexto histórico está suficientemente claro como para poder, en cierta manera, aislar el efecto que estábamos estudiando. En el devenir histórico los hechos no suelen ser tan claros, ni los efectos aislables. En general, el avance científico, la búsqueda de ciertas formas de explicación, la aceptación o el rechazo de conceptos y teorías de cierto tipo, responden a un juego de interacciones complejas donde factores sociales y exigencias internas del propio sistema cognoscitivo se complementan y se refuerzan, o se oponen y se atenúan. ¿Cómo se sitúan las consideraciones precedentes dentro del marco de la gran polémica desatada poco después de mediados de siglo acerca del significado de las teorías científicas, particularmente en torno a la posición de Kuhn? Veamos esta última con más detalle.

La noción de "paradigma" dentro de la teoría de Kuhn no es susceptible de una definición precisa. Uno de sus críticos encontró 22 sentidos diferentes en el uso de dicho término dentro de la obra básica de Kuhn. En formulaciones posteriores, Kuhn reconoce que ha hecho uso del término en diversos sentidos, pero sostiene que todos ellos pueden reducirse a sólo dos. En su presentación al *Symposium on the Structure of Scientific Theories*, celebrado en Urbana (USA) en marzo de 1969, Kuhn aclara ambos sentidos básicos y le da un nombre específico a cada uno:[3]

a] *Matriz disciplinaria (disciplinary matrix)* o paradigma en sentido estricto. Este tipo de paradigma podría ser definido como "un cuerpo característico de creencias y concepciones que abarcan todos los compromisos compartidos ('shared commitments') de un grupo científico".

b] *Ejemplares (exemplars)*: soluciones típicas de problemas concretos que el grupo científico acepta como característicos de la teoría.

El segundo sentido de paradigma es importante puesto que, de acuerdo con Kuhn, cuando un paradigma domina la actividad de una comunidad científica, no sólo determina cuáles son las teorías y leyes que se sostienen como válidas, sino también cuáles problemas y métodos de solución son reconocidos como científicos.

[3] Cf. Kuhn, "Second thoughts on paradigms", presentación al referido Symposium. Este trabajo está incluido en F. Suppes (comp.) *The structure of scientific theories*, University of Illinois Press, 1977

Como es bien sabido, para Kuhn la ciencia es un proceso discontinuo. Hay períodos durante los cuales el científico trabaja dentro de un paradigma aceptado por la comunidad a la cual pertenece (matriz disciplinaria). Los principios básicos de dicho paradigma no son cuestionados. Los estudiantes de ciencia reciben su "formación" dentro del mismo y son ejercitados en la solución de los "ejemplares" paradigmáticos. La ciencia que ellos practiquen – que Kuhn llama "ciencia normal" – consistirá en la solución de otros problemas que están dentro del campo de aplicación de las teorías que constituyen el paradigma. Su objetivo es lo que Kuhn llama (*puzzle-solving*) problemas que están pendientes de solución y que se supone *deberían* ser resueltos con los instrumentos teóricos que proveen las teorías aceptadas aunque no hayan sido resueltos hasta ese momento. Tan enmarcada está esta actividad dentro de los marcos conceptuales del paradigma vigente —afirma Kuhn— que cuando un científico fracasa en la solución de uno de esos problemas, se toma como fracaso personal del científico y *no de las teorías que aplica*. Cuando tales fracasos se suceden y queda un amplio campo de problemas sin resolver —pese a intentos repetidos de científicos de indudable capacidad— el marco teórico mismo comenzará a ser cuestionado y sobrevendrá una *crisis* en esa rama de la ciencia. Pero las teorías no serán por eso abandonadas hasta que no aparezcan otras nuevas, es decir, hasta que se constituya un nuevo paradigma —en el primer sentido (matriz disciplinaria)— que sea capaz de *desalojar* al anterior. Es el momento de una *revolución científica*. A la investigación científica que conduce a ese cambio de paradigma la llama Kuhn "ciencia revolucionaria" (en contraste con la "ciencia normal").

El desarrollo de la ciencia queda así caracterizado por Kuhn como largos períodos de "ciencia normal" con intervalos excepcionales de "ciencia revolucionaria". Hasta aquí nuestro acuerdo. Kuhn es indiscutiblemente un buen historiador de la ciencia, y su manera de dar cuenta de cómo la ciencia se ha desarrollado coincide *a grandes rasgos* con la nuestra. Pero aquí termina también nuestro acuerdo: las implicaciones epistemológicas que extrae Kuhn son fundamentalmente distintas de las nuestras. En nuestra opinión eso se debe a que Kuhn toma la historia como "memoria de la ciencia" y no como "laboratorio epistemológico", según la acertada distinción de Dijksterhuis que hemos utilizado ya en otros capítulos. Antes de establecer nuestras diferencias, veamos más a fondo la posición de Kuhn, así como la de otros filósofos de la ciencia que se definen a sí mismos de acuerdo o en contraposición con él.

Kuhn, siguiendo una línea que fue vigorosamente sostenida por

Russell Hanson[4] —y en cierta manera por Karl Popper —[5] sostiene, en contra del empirismo lógico, la no existencia de un lenguaje observacional que pudiera ser *neutro*, en el sentido de ser independiente de toda teoría. Hanson se refirió a esta posición como "the theory-ladenness of all observational statements".[6] Para Kuhn, la manera en que los hombres de ciencia *observan el mundo* depende de las teorías —los paradigmas— que han aceptado como válidas. Es cierto que las teorías "se ajustan a los hechos", pero esto sólo es posible porque hay *información que ha sido transformada en hechos* y que ni siquiera existía para los paradigmas precedentes.

Kuhn se separa explícitamente de Popper en la concepción de este último acerca de la verosimilitud y la refutabilidad de las teorías.

Kuhn rechaza el refutacionismo de Popper destacando el hecho de que muchas teorías fueron rechazadas antes de ser sometidas a "tests", y —lo que es más flagrante— muchas de ellas sobrevivieron largo tiempo después de que un cierto número de sus aserciones fueron refutadas por la experiencia. Esto conduce a una segunda divergencia, ya más profunda, entre ambos autores.

Para Popper hay criterios bien definidos para decidir entre teorías rivales (verosimilitud y refutabilidad). Hay, por consiguiente, un método preciso que explica el *progreso* de la ciencia. "En ciencia (y sólo en ciencia) podemos decir que hay genuino progreso: que hoy conocemos más que antes." Kuhn, por el contrario, no acepta que haya continuidad en la evolución científica, ni que haya mecanismos claros que permitan sustituir un paradigma por otro. El *comprueba* el hecho de que un paradigma es *desalojado* históricamente por otro, sin que haya normas cuya aplicación explique cómo ocurre. Más aún, su concepción de paradigma torna imposible establecer criterios que permitan comparar dos de ellos entre sí para establecer la superioridad de uno sobre el otro. En ello consiste precisamente su idea de la *inconmensurabilidad* de los paradigmas. De aquí surge la frecuente acusación de irracionalista que le han hecho sus críticos: en la concepción de Kuhn no hay lugar para el progreso científico.

Desde una posición parcialmente similar, Feyerabend ha llevado esta última concepción de Kuhn a sus últimas consecuencias. Ambos concuerdan en que no es posible comparar las teorías con la experiencia (¡no hay refutación absoluta de aquéllas por ésta!) ni es posible comparar las teorías entre sí. Pero Feyerabend rechazará el concepto de "ciencia normal" que imputa a lo que él llama una posición

[4] Norwood Russell Hanson, *Patterns of discovery*, Cambridge University Press, 1958.

[5] Karl Popper, *La lógica del descubrimiento científico*.

[6] Aproximadamente: "el cargamento teórico de todos los enunciados observacionales"

monista. No se trata, para él, del dominio absoluto de un paradigma (o de una teoría que luego será desalojada por otra). En cada momento coexisten varias teorías en pugna, contradictorias entre sí, y aun autocontradictorias. El científico usa una u otra según su conveniencia. Feyerabend preconiza una posición que él llama *pluralista*, para la cual provee cierta evidencia histórica.

Dentro de este grupo de filósofos de la ciencia ha sobresalido, más recientemente, Imre Lakatos, discípulo de Popper. Lakatos intenta salvar la teoría de la ciencia de las consecuencias irracionalistas de Kuhn, y del "anarquismo epistemológico" de Feyerabend. Para ello retoma posiciones de Popper, con las modificaciones necesarias a fin de reparar las demoledoras objeciones de sus críticos. Su tesis principal es que el análisis de la dinámica de la ciencia no debe enfocarse a través de teorías aisladas, sino de *secuencias de teorías relacionadas entre sí*, que él llama "programas de investigación" (*research programs*). En cierto sentido, el programa de investigación de Lakatos ocupará el lugar del paradigma de Kuhn, agregándole un "pluralismo" *à la* Feyerabend. . . Pero como lo hace este último y también Popper, Lakatos rechaza el concepto de "ciencia normal" como correspondiendo a una posición dogmática y acrítica que en modo alguno representa la posición de un hombre de ciencia. El principal objetivo de Lakatos consiste en reintroducir en la ciencia una racionalidad de tipo popperiano (que había sido destruida por Kuhn y por Feyerabend). He aquí cómo caracteriza la oposición Popper-Kuhn:

"Para Popper el cambio en la ciencia es racional, o por lo menos racionalmente reconstruible, y cae dentro del dominio de la *lógica del descubrimiento*. Para Kuhn, el cambio científico —de un 'paradigma' a otro— es una conversión mística que no es, ni puede ser, gobernada por reglas de la razón, y que cae totalmente dentro del dominio de la *psicología (social) del descubrimiento*. El cambio científico es una especie de cambio religioso." Y agrega:

"El choque entre Popper y Kuhn no es un problema meramente técnico dentro de la epistemología: concierne nuestros valores intelectuales centrales, y tiene implicación no sólo para la física teórica sino también para las ciencias sociales subdesarrolladas y aun para la moral y la filosofía política. Puesto que en la ciencia no hay otra manera de juzgar una teoría excepto por estimación del número, la fe y la energía vocal de sus sostenedores, esto debe ser así y más aún en las ciencias sociales: la verdad reside en el poder. De esta manera, la posición de Kuhn reivindica, sin duda sin intención, el *credo* político básico de los maniacos religiosos contemporáneos ('estudiantes revolucionarios')."[7]

[7] I. Lakatos, "Falsification and methodology os scientific research programs", p. 93.

Lakatos se equivoca en la interpretación de Kuhn a quien —como muchos otros críticos— acusa de seguir "the mob-rule".[8] Kuhn, mejor apoyado en la historia de la ciencia que Lakatos, puede responder fácilmente a esta acusación (dejemos a los estudiantes responder a Lakatos sobre el final de la cita). Volveremos luego sobre este problema. Ahora nos centraremos en el problema epistemológico que está aquí en juego.

En la justificación de su posición epistemológica Lakatos concede a Kuhn que la crítica de este último a la teoría de la refutación de Popper (*falsificationism*) es parcialmente justa: no hay, en efecto, "experimentos cruciales" que puedan destronar "instantáneamente" una teoría. Pero el *experimentum crucis* es sólo una de las formas de refutabilidad (la forma "dogmática" o "ingenua"). Hay además una segunda forma, que Lakatos también atribuye a Popper: el refutacionalismo sofisticado (*sophisticated falsificationism*). Lakatos visualiza su propia contribución como una versión elaborada del "refutacionismo sofisticado" al estilo popperiano, y considera que ella "es suficiente para escapar a las estructuras de Kuhn".

El refutacionismo sofisticado desplaza el problema: en lugar de someter a test una teoría dada, se trata de evaluar *una serie de teorías* (un programa de investigación). Para el refutacionismo ingenuo una teoría es refutada por una experiencia (es decir, la refutación se obtiene cuando un enunciado que expresa el resultado de una observación es contradictorio con un enunciado de la teoría). Para el refutacionismo sofisticado una teoría es *refutada por otra teoría*, no por una experiencia.

Si intentamos comparar las posiciones de los cuatro filósofos de la ciencia que hemos considerado sucintamente (Popper, Kuhn, Feyerabend y Lakatos), podemos tomar dos ejes de referencia, en forma de dos pares de alternativas:

a] *Racionalidad versus irracionalidad*: Popper y Lakatos están con la primer alternativa; Feyerabend, claramente con la segunda; Kuhn, con la segunda pero con oscilaciones. El anarquismo epistemológico de Feyerabend[9] borra la distinción entre "objetivo" y "subjetivo", así como entre "racional" e "irracional". Kuhn pretende salvar un resto de racionalidad basándose en las reglas de juego de la práctica de una comunidad científica, pero no indica "mecanismos racionales" del cambio científico ni criterios para señalar *progreso* alguno en la ciencia. Popper y Lakatos buscan la racionalidad —y, por consiguiente, salvar la noción de progreso científico— a través de criterios para determinar cuándo y cómo una teoría es sustituida por otra.

b] *Metodología descriptiva versus metodología normativa*. Kuhn y Feyerabend intentan describir *ex post facto* cómo procede la ciencia y cómo ha tenido lugar su desarrollo histórico (aun cuando la conclusión sea que no hay "desarrollo" en el sentido de un proceso acumulativo que implique "progreso científico"). Popper y Lakatos establecen una "heurística", una metodología que fija *normas*. Ellos no sólo distinguen entre ciencia y seudociencia, sino que formulan *reglas* que regulan el comportamiento científico.

Curiosamente los cuatro recurren a la historia de la ciencia para sostener sus asertos. Los cuatro extraen conclusiones diferentes de la misma historia. Feyerabend está del lado de Kuhn en los dos pares de alternativas arriba enunciados. Pero Kuhn ve en la historia una secuencia de paradigmas en la cual cada uno perdura hasta que es desalojado por otro. Feyerabend, por el contrario, descubre la coexistencia de paradigmas en pugna, la proliferación de teorías e hipótesis contradictorias entre sí, entre las cuales sólo algunas llegan a predominar. Popper y Lakatos también aparecen del mismo lado en las dicotomías que hemos señalado. Pero Popper ve en la historia a científicos que formulan conjeturas audaces y teorías arriesgadas para someterlas al tribunal de la experiencia, y luego sepultarlas si son heridas de muerte por observaciones que las contradicen. Lakatos ve, por el contrario, teorías que integran "programas de investigación", y que se confrontan entre sí para establecer quién tiene mayores méritos para ser retenido.

A la lista de estos cuatro historiadores-filósofos hubiéramos debido sumar los nombres de N. Russell Hanson y Stephen Toulmin. Los seis tuvieron el mérito conjunto de haber mostrado la insuficiencia del análisis que realizó el neopositivismo para dar cuenta del conocimiento científico. Ellos demolieron, a partir de la década de los cincuenta (aunque Popper haya comenzado esta obra mucho antes), la concepción que restringía el análisis de la ciencia a un proceso de reconstrucción racional, prescindiendo totalmente del proceso de descubrimiento. Pero a partir de allí comienzan las divergencias. Todos están de acuerdo en que el análisis de la ciencia no puede reducirse a la *justificación* de las teorías; pero difieren entre sí acerca de cómo hay que introducir el proceso de descubrimiento. Las diferencias son patéticas. Para los empiristas lógicos había una "lógica de la justificación", pero no una "lógica del descubrimiento". Para Popper no hay lógica de la justificación; solo hay requerimientos generales para evaluar hipótesis, sin que ello llegue a constituir una lógica del descubrimiento. Para Hanson hay una lógica del descubrimiento y una lógica de la justificación, pero son distintas. Para Fayerabend no hay ni lógica de la justificación, ni lógica del descubrimiento.

en *Criticism and the growth of knowledge*, por I. Lakatos y A. Musgrave, Cambridge University Press, 1970.

[8] Lakatos, *op. cit.*, p. 178: "Thus, in Kuhn's view scientific revolution is irrational, a matter for mob psychology"

[9] P. Feyerabend, *Against method: outline of an anarchistic theory of knowledge*, Radner and Winokur, 1970.

Los elementos de análisis que hemos provisto a lo largo de esta obra nos permiten suponer que es posible poner un cierto orden en este caos. Para ello debemos identificar previamente los problemas que a nuestro juicio están mal planteados en esta discusión. La historia muestra con frecuencia que cuando un grupo de científicos de gran capacidad y erudición difieren tan fundamentalmente, es porque algo falla en la formulación de los problemas sobre los cuales discrepan.

Ya en la Introducción señalamos algunos de los puntos básicos que pueden servir de apoyo a nuestro análisis. Nuestro punto de partida es la *continuidad* en el desarrollo del sistema cognoscitivo, desde el niño hasta el hombre de ciencia, pasando por el adulto "normal" (no sofisticado por la ciencia). Esa continuidad no puede ser "postulada", sino que debe ser el resultado de una investigación *ex post facto*. Creemos que el análisis comparativo entre la psicogénesis y la historia de la ciencia realizado en este libro muestra cuál es el sentido de esa continuidad y cuáles son sus alcances. Desde la física aristotélica y medieval, con sus sorprendentes coincidencias de método y contenido con las concepciones de un niño o un adolescente, hasta las ramas más elaboradas de la ciencia contemporánea con niveles de abstracción fuera del alcance del niño o del adulto no científico, los *mecanismos* en acción muestran caracteres comunes muy sorprendentes. Pero esa continuidad de los mecanismos que regulan el desarrollo cognoscitivo, *no excluyen las discontinuidades* en el proceso, sino que por el contrario las determinan. Hemos insistido desde la Introducción en que los únicos factores realmente omnipresentes en los desarrollos cognoscitivos —tanto en la historia de la ciencia como en la psicogénesis— son de naturaleza funcional y no estructural. Dichos factores funcionales están vinculados a la asimilación de lo que es nuevo a las precedentes estructuras, así como a la acomodación de éstas a lo que es nuevo objeto de conocimiento.

El aspecto *funcional* del desarrollo cognoscitivo explica la relativa estabilidad de las estructuras adquiridas, el proceso de desequilibración de una estructura, y el proceso de reequilibración del sistema en una estructura de orden superior. Está claro que el pasaje de una estructura a otra constituye una *discontinuidad*, un salto. Está claro también que dicho pasaje no es predecible, ni está sujeto a normas. Y este planteo demuestra, asimismo, que las estructuras adquiridas tienen una estabilidad interna que les permite resistir a las "perturbaciones" (por ejemplo a los intentos de refutación directa). Hasta aquí estamos con Kuhn (y parcialmente con Feyerabend) contra Popper.

Sin embargo, las restructuraciones no son saltos en el vacío: tienen una lógica interna puesta de manifiesto al nivel psicogenético desde hace más de medio siglo, y que se ha intentado demostrar en los

capítulos precedentes al nivel de la constitución de teorías científicas. Y aquí estamos no sólo contra Kuhn y Feyerabend, sino contra todo el grupo que ha sido objeto del análisis precedente. Porque aun Popper y Lakatos, en su intento de dar racionalidad al desarrollo de la ciencia, y de justificar el progreso científico, se limitan a formular *normas metodológicas* para establecer la aceptabilidad o el rechazo de una teoría (Popper), o criterios, también metodológicos, para decidir acerca de la superioridad de una teoría sobre otra (Lakatos). Pero ambos dejan de lado el problema *epistemológico*. Éste reside para nosotros en establecer en qué consiste el pasaje de una teoría T, de nivel inferior, a otra teoría T', de nivel superior, que es un problema *distinto* del que formula Lakatos acerca de *cómo se establece* que T' es superior a T. Algunos de los mecanismos en juego han sido puestos de manifiesto en el pasaje de una a otra de las grandes etapas que hemos intentado develar en la historia de la geometría, del álgebra y de la mecánica expuesta en los capítulos precedentes, y que resumiremos en el capítulo de conclusiones generales. Ellos nos muestran que hay una vección sobre la base de la cual es posible dar un significado preciso a la expresión "teoría de nivel superior", y aclaran además en qué sentido se puede hablar de una lógica interna del proceso que no es la lógica del descubrimiento a la que aluden los autores que hemos considerado previamente.

La lección que surge del presente capítulo es un tanto extraña. Los neopositivistas adoptaron una posición *a priori* sobre la irrelevancia del proceso de descubrimiento para lo que ellos consideraron como el objetivo fundamental de la filosofía de la ciencia: *justificar* la validez del conocimiento científico. En flagrante contradicción interna, no buscaron ninguna *base empírica* para sus afirmaciones, adoptadas como dogmas. Por su parte, los críticos *à la* Popper o *à la* Lakatos, rechazan el *empirismo* como posición filosófica acerca de los fundamentos del conocimiento. Pero tampoco ellos distinguen entre la aceptación o rechazo del empirismo como "explicación" del origen del conocimiento, y la indiscutible necesidad de dar una *base empírica* a sus afirmaciones epistemológicas (a falta de la cual se permanece en el terreno de la filosofía especulativa). En el caso de Kuhn la situación es aún más desconcertante pues en el trabajo antes mencionado,[10] para explicar cómo aprende un estudiante de ciencia sus "ejemplares", hace un intento por reconstruir cómo aprende un niño "lo que es un pato", sin preocuparse por investigar *empíricamente* (es decir, con niños de carne y hueso) si es así como los niños aprenden. Varias décadas de investigaciones con niños, desde la perspectiva de la psicología genética, han demostrado que *no es así* como aprenden los niños. Curiosamente Kuhn cae, en su análisis, en una posición de corte neopositivista, . . la misma que se empeñó en destruir

[10] Kuhn, "Second thoughts on paradigms", en *op. cit.*

El rechazo de la investigación empírica para determinar el *proceso real* de desarrollo cognoscitivo no puede explicarse de otra manera que por un preconcepto, una posición *a priori* sobre la ciencia —o más específicamente, las ciencias. Tales prejuicios son, estrictamente hablando, parte constitutiva de una ideología que condiciona la dirección y todos los "resultados" del análisis.

En los diversos capítulos de esta obra hemos tratado de demostrar una de las hipótesis formulada ya en la Introducción: la existencia de una cierta continuidad funcional entre el sujeto "natural" precientífico y el sujeto científico (que permanece siendo un sujeto "natural" en tanto que, fuera de su trabajo científico y técnico, no defiende ni aplica una epistemología filosófica particular). A partir de tal continuidad funcional, se puede afirmar una generalidad mucho mayor de los dos caracteres que hemos reconocido en todo conocimiento científico: una inconsciencia relativa de su propio mecanismo y un devenir continuo en su construcción. En efecto, en la medida en que el análisis epistemológico del pensamiento científico se ve obligado a remontarse a etapas precedentes constituidas por elaboraciones cognoscitivas que corresponden a niveles precientíficos, se llega por vía recursiva, en sentido retrospectivo, a encontrar estructuraciones cada vez más inconscientes y más dependientes de su propia historia anterior. Estas dos verificaciones conducen finalmente a una consecuencia que consideramos fundamental para una epistemología que intenta ser objetiva y no puramente especulativa: *que la fuente de todo conocimiento debe buscarse, por pasos sucesivos, hasta el nivel mismo de las acciones.*

La formulación precedente requiere diversas aclaraciones para poder ubicarla en su contexto apropiado. Hemos hablado de "un devenir continuo en su construcción", pero tal devenir no implica, sin embargo, continuidad en el sentido matemático (función continua o curva continua). Es, como hemos insistido reiteradamente, un devenir que presenta rupturas y saltos, desequilibrios y reequilibraciones.

Es necesario, sin embargo, destacar un aspecto de fundamental importancia para el tema del presente capítulo. El remontarnos a los niveles precientíficos hasta el nivel mismo de las acciones no significa —como ya lo hemos indicado— que debamos considerar solamente el desarrollo del sujeto frente a un objeto que está "dado" independientemente de todo contexto social. En la interacción dialéctica entre el sujeto y el objeto, este último se presenta inmerso en un sistema de relaciones con características muy diversas. Por una parte, la relación sujeto-objeto puede estar mediatizada por las interpretaciones que provienen del contexto social en el cual se mueve el sujeto (relaciones con otros sujetos, lecturas, etc.). Por otra parte, los objetos funcionan ya de cierta manera —socialmente establecida— en relación con otros objetos o con otros sujetos. En el proceso de interacción, ni el sujeto ni el objeto son, por consiguiente, neutros. Y éste es el punto exacto de intersección entre conocimiento e ideología. Con esta formulación, podría parecer sorprendente que encontremos en todo el desarrollo de la historia de la ciencia, tanto como en la psicogénesis, la repetición de formas similares de adquisición de los conocimientos, cualquiera que sea su nivel. Si la influencia de la sociedad es tan fuerte, ¿cómo se explica que en todos los períodos de la historia, así como en los niños de todos los grupos sociales y de cualquier país, encontremos los mismos procesos cognoscitivos en acción?

Para encontrar la respuesta, debemos diferenciar, por una parte, los mecanismos de adquisición de conocimiento que un sujeto tiene a su disposición y, por la otra, la forma en que es presentado el objeto que va a ser asimilado a tal sujeto. La sociedad modifica la última, pero no los primeros. La significación asignada a un objeto en un momento dado, dentro del contexto de sus relaciones con otros objetos, puede depender, en gran medida, de cómo la sociedad establece o modifica la relación entre el sujeto y el objeto. Pero la forma en la cual tal significación es adquirida depende de los mecanismos cognoscitivos del sujeto y no de factor alguno que sea provisto por la sociedad.

En otros términos, cómo un sujeto asimila un objeto, depende del sujeto mismo; qué es lo que él asimila, depende, al mismo tiempo, de su propia capacidad y de la sociedad que le provee la componente contextual de la significación del objeto.

Que la atención del sujeto sea dirigida a ciertos objetos (o situaciones) y no a otros; que los objetos, sean situados en ciertos contextos y no en otros; que las acciones sobre los objetos sean dirigidas en cierta forma y no en otras: todo esto está fuertemente influido por el medio social y cultural (o por lo que hemos llamado el paradigma social). Pero todas estas condiciones no modifican *los mecanismos* que necesita esa especie biológica tan particular que es el ser humano para *adquirir* el conocimiento de dichos objetos, en *dichos* contextos, con todas las significaciones particulares socialmente determinadas que ya le hayan sido asignadas.